

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y
Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO EDUCATIVO DE CONTROL
NEUMÁTICO SECUENCIAL**

Tesis presentada por los Bachilleres:

Portugal Vargas, Stephanie Patricia

Vargas Cahuana, Ernesto Luis

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Electrónico

Con especialidad en:

Automatización y Control

Asesor: Ing. Zegarra Gago, Henry

Arequipa – Perú
2019



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

Los que suscriben:

ING. HENRY CHRISTIAN ZEGARRA GAGO.

ING. CÉSAR MÁLAGA CHÁVEZ

Jurado Dictaminador del Borrador de Tesis titulado:

"Diseño e Implementación de un Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial"

Nombrados con Decreto N°: 003 DEPIE.2019 **de fecha:** 15 de octubre, 2019

Presentado por el (la) los Bachiller (es):

1. STEPHANIE PATRICIA PORTUGAL VARGAS
2. ERNESTO LUIS VARGAS CAHUANA

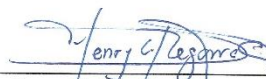
Cumple con emitir su dictamen:

- No registra observaciones, por tanto **se dictamina procedente** (X)
- Registra observaciones que deben ser subsanadas (ver hoja adjunta) ()

Arequipa, 23 de octubre del 2019



Ing. César Málaga Chávez.
Código N° 1475



Ing. Henry Christian Zegarra Gago.
Código N° 2965

Esta tesis está dedicada a Carmen Alicia Galdos Herrera, quien, aunque ya no esté presente, vive aún en mi memoria, siempre me impulsó a ser mejor, a aspirar siempre a más y creyó siempre en mí.

La dedico también a mis padres, Ricardo Enrique y Rosa María, gracias a ellos, a su esfuerzo y sacrificio pude tener acceso a educación, además de mucho amor, paciencia y apoyo sin límites.

A mis hermanas Nathalie, Angela y Claudia por apoyarme siempre y no dejar de creer en mí. A mis sobrinitos que me han enseñado de paciencia y amor incondicional.

La dedico también a Rodolfo Vargas Vinatea, Dora Chávez Díaz y Julia Vargas Herrera, personas indispensables en mi educación y crecimiento como persona y fiel ejemplo de rectitud, dedicación y amor.

Stephanie Patricia Portugal Vargas

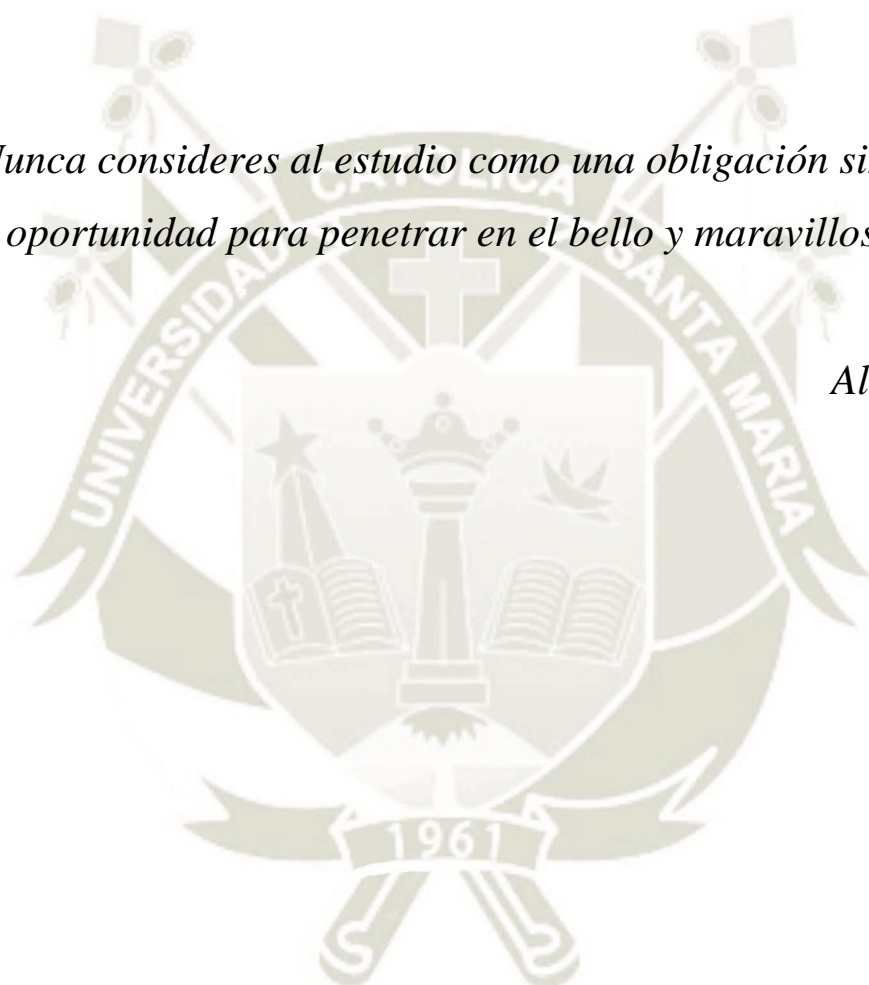
Dedico el trabajo principalmente a Dios por permitirme tener salud dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas y hacer de mi mejor persona día tras día. Gracias a mis padres Juan Ernesto y Sonia, quienes con su esfuerzo y dedicación me dieron mi educación, por los consejos y su ejemplo de perseverancia me demuestran que lo más importante que siempre voy a tener será mi familia.

A mi esposa Madeleine Pilar por su apoyo incondicional, que por su constante apoyo y paciencia me ayudo a concluir esta meta. Sé que si no te hubiera conocido no tendría tantas sonrisas y momentos plasmados en mi memoria. A mis hijos Ariadna y Ashton Derek por ser mi inspiración, aun a su corta edad me han enseñado y me siguen enseñando muchas cosas de esta hermosa vida.

Ernesto Luis Vargas Cahuana

*"Nunca consideres al estudio como una obligación sino como una
oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del
saber"*

Albert Einstein



RESUMEN

El siguiente proyecto de investigación y aplicación demostrará la versatilidad del trabajo con elementos neumáticos tales como cilindros neumáticos y electroválvulas. Actualmente el uso de sistemas neumáticos es muy importante y forma parte crucial de muchos procesos que se ven en la industria.

Después de haber analizado las necesidades de los estudiantes y de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, se decidió hacer un módulo educativo que garantice su movilización dentro y fuera de los laboratorios. Se decidió además que conste de 2 fajas transportadoras que, mediante los sensores y pistones, nos servirán para discriminar los diferentes materiales que serán parte de la selección de objetos. Cada faja tendrá su propio motor independiente por lo que podremos asegurar distintos tipos de programación de parte de los estudiantes. Se tendrá además 3 tipos de sensores (inductivo, capacitivo y óptico), los cuales, mediante la programación adecuada funcionarán y detectarán o discriminarán los cilindros proporcionados de metal, madera y plástico.

Este módulo educativo que cumple las normas y estándares internacionales, le brindará a los alumnos una excelente oportunidad para poner en práctica los conocimientos adquiridos en los cursos de neumática que actualmente son sólo teóricos o simulados y también para los cursos de autómatas programables pues podrán hacer ellos mismos las conexiones entre módulo y autómata. Los alumnos podrán comprender mejor el funcionamiento del módulo gracias a las guías prácticas y serán capaces más adelante de aplicar sus conocimientos en el mundo laboral.

Los alumnos podrán también realizar sistemas de monitoreo mediante las redes SCADA que se podrán acoplar al proceso descrito por el módulo.

Palabras clave: Módulo educativo, Neumática, Control Secuencial, Faja transportadora, Control por PLC.

ABSTRACT

The following research and application project will demonstrate the versatility that exists when working with pneumatical elements such as pneumatic cylinders and electro valves. It has come to the light that nowadays the use of pneumatics systems is very important, and it has become a crucial part of many processes one can find in the industry.

After having conducted a thorough analysis of the needs of both the students and the current state of the Laboratories of the Electronics Engineering School, we decided to build a mobile module in order to guarantee its easy transportation in and out of the labs. It was also decided that we would build 2 conveyor belts that, with the signals sent from the sensors and the pneumatic cylinders, will help us to discriminate the object selection part. Each conveyor belt will have an independent engine so we can ensure different types of programming from the students. We will additionally have 3 types of sensors (inductive, capacitive and optical), all of them which will function and detect or discriminate between the cylinders given with this thesis, their materials are wood, metal and plastic.

This educational module that complies with the international standards will give the students an excellent opportunity to practice all the knowledge they have acquired during the different courses like Pneumatics and PLC. Such courses are now only studied theoretically or with simulators. For the PLC course, the students will be able to connect the module themselves so they will have a real-life experience. The students will be able to better understand the module's functionalities while using the practical guides. Later, they will be able to apply their knowledge in the real world.

The students will be able to develop a monitoring system through the SCADA nets that will be connected to the whole process described by the module.

Keywords: Educational module, Pneumatics, Sequential Control, Conveyor Belt, Control using PLC.

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de la siguiente tesis se podrá encontrar primeramente nuestro resumen y abstract donde explicamos los motivos que nos han inspirado a realizar esta tesis. Seguidamente presentamos el planteamiento teórico con el que fundamentamos aún más los motivos para realizar este módulo educativo de control neumático secuencial siguiendo el esquema normalizado proporcionado por los estándares correspondientes.

En nuestro segundo capítulo hemos recopilado la información necesaria que nos ha servido como base para los principios físicos y neumáticos que hemos aplicado en el desarrollo de esta tesis.

El tercer capítulo consta de todo el desarrollo del Diseño de Ingeniería que aplicamos para cada uno de los componentes que conforman el módulo educativo. Se incluyen los cálculos de consumos energéticos además de descripciones y fotografías reales de cada una de las partes de dicho módulo.

El cuarto capítulo corresponde a todas las pruebas que realizamos para la calibración de los elementos neumáticos. Se cuenta con videos en el CD anexo a este tomo de la tesis. (Anexo 1). En el CD también se encuentran todas las hojas de datos a las que se hizo referencia durante el desarrollo de esta tesis.

En el quinto capítulo hacemos el análisis económico de todo el módulo considerando todas las variables como mano de obra, materiales, etc.

A continuación de éste, se encuentran nuestras recomendaciones para realizar mejoras a este módulo educativo y nuestras conclusiones sobre nuestro diseño e implementación de dicho módulo.

ÍNDICE

RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN.....	viii
CAPITULO I.....	1
1. Planteamiento Metodológico.....	1
1.1. Título.....	1
1.2. Identificación del Problema	1
1.2.1. Descripción del Problema.....	1
1.2.2. Justificación del Problema.....	1
1.3. Análisis de Variables	2
1.3.1. Variables independientes.....	2
1.3.2. Variables dependientes.....	2
1.3.3. Indicadores de variables	2
1.4. Desarrollo.....	3
1.5. Metodología	3
1.6. Objetivos.....	3
1.6.1. Objetivo Principal.....	3
1.6.2. Objetivos secundarios.....	3
1.7. Antecedentes	3
1.8. Cronograma	4
CAPITULO II.....	5
2. Marco Conceptual	5
2.1. Sistema Neumático.	5
2.1.1. Fundamentos físicos Fuente: [2]	5
2.1.1.1. Presión.....	5
2.1.1.2. Caudal.....	6
2.1.1.3. Temperatura absoluta	6
2.1.2. Ley de los gases.....	6
2.1.3. Esquema de los sistemas neumáticos	7
2.1.4. Aire comprimido	8
2.1.5. Central Neumática	9
2.1.5.1. Compresor	9
2.1.5.2. Depósito	11

2.1.5.3. Unidad de mantenimiento.....	12
2.1.6. Actuadores neumáticos.....	14
2.1.6.1. Cilindros.....	15
2.2. Sistemas electroneumáticos	16
2.3. Control lógico programable	23
2.3.1. Estructura de un controlador lógico programable (PLC)	23
2.3.2. Ventajas y desventajas.....	24
2.3.3. Campo de aplicación	24
2.3.4. Programación.....	25
2.3.4.1. Lenguajes de Programación	26
2.3.5. Micrologix 1100	27
CAPITULO III	29
3. Diseño de Ingeniería.....	29
3.1. Especificaciones Técnicas.	29
3.2. Etapas de funcionamiento.....	30
3.3. Alternativas de solución.....	32
3.3.1. Alternativa de solución 1	34
3.3.2. Alternativa de solución 2.....	34
3.4. Selección de la alternativa	35
3.5. Diseño del módulo educativo.	36
3.5.1. Carrito transportador.....	36
3.5.2. Tablero de conexiones	37
3.5.3. Tablero de indicadores luminosos	38
3.5.4. Tablero Eléctrico	38
3.5.4.1. Diseño del tablero de control	40
3.5.4.2. Selección de elementos de tablero	45
3.5.4.2.1. Parada de Emergencia	45
3.5.4.2.2. Pulsadores.....	46
3.5.4.2.3. Llave termomagnética	46
3.5.4.2.4. Relé Carlo Gavazzi.....	47
3.5.4.2.5. Relé Omron	48
3.5.4.3. Cálculos de Consumo de potencia del tablero eléctrico.....	49
3.5.4.4. Normas de Seguridad	50
3.6. Diseño de la estructura.....	50
3.6.1. Faja Principal.....	54

3.6.1.1.	Motor de faja principal.....	55
3.6.1.1.1.	Cálculo de velocidad del motor de faja principal.....	56
3.6.1.1.2.	Cálculo de potencia del motor de faja principal.....	57
3.6.2.	Faja Secundaria:	58
3.6.2.1.	Motor de faja secundaria	58
3.6.2.1.1.	Cálculo de velocidad del motor de faja secundaria.....	59
3.6.2.1.2.	Cálculo de potencia del motor de faja secundaria.....	60
3.7.	Selección de elementos del módulo educativo.	60
3.7.1.	Selección de cilindros	60
3.7.2.	Selección de electroválvulas.....	65
3.7.3.	Selección de sensores	66
3.7.3.1.	Sensor de Proximidad Inductivo	67
3.7.3.2.	Sensor de Proximidad Capacitivo	68
3.7.3.3.	Sensor Fotoeléctrico	69
3.7.4.	Unidad de mantenimiento.....	70
3.7.5.	Tubería neumática	70
3.7.6.	Estructura general del módulo.....	71
3.7.7.	Generación del aire comprimido	73
3.8.	Programación de módulo educativo. (GRAFCET).....	74
3.8.1.	Tabla de asignación de entrada salida	74
3.8.2.	Flujograma de Programa	76
3.8.3.	Scada.....	77
3.8.4.	Conexiones hacia el PLC.....	79
CAPITULO IV	.....	81
4.	Pruebas	81
CAPITULO V	.....	86
5.	Costo y Presupuesto	86
CONCLUSIONES	.....	89
RECOMENDACIONES	.....	90
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	.....	92
ANEXOS	.....	95

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de los sistemas neumáticos.....	7
Figura 2. Componentes de una Central Neumática.....	9
Figura 3. Compresor de una etapa.....	10
Figura 4. Compresor de dos etapas	10
Figura 5. Compresor de membrana	10
Figura 6. Compresor rotativo	11
Figura 7. Compresor de tornillo	11
Figura 8. Elementos principales de un depósito.....	12
Figura 9. Unidad de Mantenimiento	13
Figura 10. Filtro de la unidad de mantenimiento, simbología.....	13
Figura 11. Regulador de presión con manómetro, simbología.....	14
Figura 12. Lubricador, simbología.....	14
Figura 13. Cilindro de simple efecto.....	16
Figura 14. Cilindro de doble efecto	16
Figura 15. Válvulas distribuidora 3/2 vías, cerrada en reposo	19
Figura 16. Válvula de accionamiento neumático monoestable de 3/2 vías, cerrada en reposo.....	21
Figura 17. Válvula de accionamiento neumático monoestable de 3/2 vías, activa	21
Figura 18. Válvula 3/2 vías, asiento de bola	22
Figura 19. Válvula 3/2 vías, asiento de plato	22
Figura 20. Esquema básico de un PLC	24
Figura 21. Modelo de fases para programar en PLC	25
Figura 22. Ejemplo diagrama en escalera	26
Figura 23. Ejemplo diagrama de bloques de función.....	26
Figura 24. Ejemplo de lista de instrucciones.....	26
Figura 25. Ejemplo de texto estructurado	27
Figura 26. Ejemplo de diagrama de funciones secuencial	27
Figura 27. Diagrama básico del módulo	30
Figura 28. Etapas entra autómatas e interfaz HMI	31
Figura 29. Diagrama de bloques del Autómata Programable	31
Figura 30. Polines y faja de planta de módulo antiguo	33
Figura 31. Compresor de aire y motor de vacío del módulo antiguo	33
Figura 32. Vista frontal módulo antiguo	33
Figura 33. Carrito transportador del módulo	36
Figura 34. Plano de distribución del panel I/O	37
Figura 35. Plano de distribución de panel de visualización	38
Figura 36. Plano de distribución de puerta de tablero eléctrico	39
Figura 37. Diagrama de bloques de tablero eléctrico.....	39
Figura 38. Diagrama de distribución interna del tablero principal	40
Figura 39. Borneras montadas en riel.....	41
Figura 40. Plano de conexión de fuentes de alimentación 24 y 12 voltios	41
Figura 41. Plano de conexiones Selector y P.E.	42
Figura 42. Plano de conexiones relés y luces piloto	43
Figura 43. Circuito de fuerza de motores	43
Figura 44. Circuito de mando – pulsadores	44
Figura 45. Plano de conexión de electroválvulas	44

Figura 46. Plano de conexión de sensores	45
Figura 47. Parada de Emergencia	45
Figura 48. Pulsadores	46
Figura 49. Llave termomagnética	47
Figura 50. Relé Carlo Gavazzi	48
Figura 51. Relé Omron con base	48
Figura 52. Perfil de aluminio	50
Figura 53. Faja principal en proceso de montaje.....	51
Figura 54. Faja secundaria vista interna (polines).....	51
Figura 55. Dimensiones polines principales de faja principal	52
Figura 56. Dimensiones polines intermedios	52
Figura 57. Dimensiones polines	53
Figura 58. Dimensiones polines de nylon	53
Figura 59. Ubicación de polines faja secundaria	53
Figura 60. Ubicación de polines faja primaria	54
Figura 61. Faja principal vista lateral	55
Figura 62. Motor faja principal	56
Figura 63. Faja secundaria vista frontal	58
Figura 64. Motor de faja secundaria	59
Figura 65. Cilindro de doble efecto	60
Figura 66. Ubicación de cilindros neumáticos en el módulo	64
Figura 67. Electroválvula 2/5	65
Figura 68. Ubicación de sensores en el módulo	66
Figura 69. Sensor de proximidad inductivo	67
Figura 70. Sensor de proximidad capacitivo	68
Figura 71. Sensor fotoeléctrico	69
Figura 72. Unidad de mantenimiento	70
Figura 73. Tubería neumática SMC	71
Figura 74. Plano – Módulo completo	72
Figura 75. Ubicación de elementos del módulo	72
Figura 76. Panel principal del sistema Scada	77
Figura 77. Pantalla Sistema automático – Scada	78
Figura 78. Pantalla Sistema semi-automático – Scada	79
Figura 79. Conexiones en módulo PLC y Panel I/O	80

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Simbología neumática.....	8
Tabla 2. Simbología básica CETOP de cilindros neumáticos.....	15
Tabla 3. Nomenclatura de las vías	17
Tabla 4. Simbología básica CETOP de válvulas distribuidoras.....	18
Tabla 5. Denominación de las conexiones según código numérico CETOP	19
Tabla 6. Simbología para tipos de accionamiento	21
Tabla 7. Características PLC MicroLogix 1100 y tarjeta de entradas.....	28
Tabla 8. Características pulsador de parada de emergencia.....	45
Tabla 9. Características de los pulsadores.....	46
Tabla 10. Características de la llave termomagnética	47
Tabla 11. Características relé Carlo Gavazzi	47
Tabla 12. Características relés Omron	48
Tabla 13. Cálculos de potencia del Tablero Eléctrico.....	49
Tabla 14. Tabla resumen de Normas de Seguridad.....	50
Tabla 15. Especificaciones técnicas de la faja principal	54
Tabla 16. Características motor de faja principal.....	55
Tabla 17. Mediciones de corriente - Motor de faja principal.....	57
Tabla 18. Características motor de faja secundaria.....	58
Tabla 19. Mediciones de corriente - Motor de faja secundaria	60
Tabla 20. Características de cilindros neumáticos	61
Tabla 21. Características de cilindros Norgren	61
Tabla 22. Características de cilindro Airtac	63
Tabla 23. Características de las electroválvulas Airtac	65
Tabla 24. Características de electroválvulas SMF	66
Tabla 25. Características sensor de proximidad inductivo.....	67
Tabla 26. Características sensor de proximidad capacitivo	68
Tabla 27. Características sensor óptico	69
Tabla 28. Características de la unidad de mantenimiento	70
Tabla 29. Características de la tubería neumática	70
Tabla 30. Especificaciones compresor de aire	73
Tabla 31. Asignación de entradas y salidas.....	75
Tabla 32. Disgregación pantalla Scada – Sistema Automático.....	78
Tabla 33. Disgregación pantalla Scada – Sistema Semiautomático.....	79
Tabla 34. Resultado de pruebas 1-10 en modo automático.....	82
Tabla 35. Resultado de pruebas 11-20 en modo automático.....	83
Tabla 36. Resultado de pruebas 1-10 en modo semiautomático	84
Tabla 37. Análisis económico de materiales	86
Tabla 38. Análisis económico del módulo	87
Tabla 39. Análisis económico de componentes recuperados	87
Tabla 40. Costo total del Módulo Educativo.....	88

CAPITULO I

1. Planteamiento Metodológico

1.1. Título

Diseño e Implementación de un Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial.

1.2. Identificación del Problema

Actualmente el estudio de sistemas neumáticos en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica se lleva a cabo por medio de programas de simulación que no le brindan al estudiante una experiencia real del comportamiento de los sistemas neumáticos. Esto limita al estudiante en el diseño, implementación y estudio real de sistemas secuenciales neumáticos y más aún su automatización por medio de autómatas programables.

1.2.1. Descripción del Problema

Actualmente, la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica sólo cuenta con algunos módulos de aprendizaje, los cuales se encuentran fuera de servicio. Al estar los módulos inservibles los alumnos tienen una desventaja en la puesta en práctica de la programación de sistemas neumáticos y de su automatización con autómatas programables.

1.2.2. Justificación del Problema

Actualmente el mercado laboral requiere de Ingenieros Electrónicos que estén capacitados para analizar y modificar programas de control automático. Los procesos industriales tales como minería, producción y envasado de alimentos y bebidas, industrias textiles, entre otros, tienen sistemas automatizados a lo largo de cada una de sus etapas de Producción.

En la Universidad recibimos una formación de programación de PLC's, pero sólo podemos simular el comportamiento de las entradas y salidas asociadas a nuestro programa y no tenemos una forma tangible de comprobar que la simulación se ajuste a la realidad.

El curso de neumática se lleva de manera teórica y se practica mediante simulación, consideramos esto una falencia pues en la industria existen muchos

sistemas neumáticos y sin una práctica adecuada en este tema estamos dejando un vacío en la educación y formación de los futuros ingenieros.

La Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica no tiene suficientes módulos educativos, actualmente no cuentan con manuales de funcionamiento y manejo que han ocasionado que la vida útil de los módulos haya disminuido al encontrarse con tarjetas quemadas; no cuentan tampoco con guías de prácticas adecuadas a las diferentes funcionalidades del módulo, evitando así que los estudiantes puedan aprovechar al máximo las prestaciones de este.

Consideramos esta falta de módulos didácticos y el mal estado de los módulos encontrados, una debilidad del Escuela Profesional y deseamos implementar un módulo lo suficientemente completo para brindar a los estudiantes una herramienta con la que puedan mejorar sus habilidades de programación, además de darles un vistazo de lo que se encontrarán en el mundo laboral.

1.3. Análisis de Variables

Las variables en el presente tema de investigación son:

1.3.1. Variables independientes

Sistema de selección de objetos.

1.3.2. Variables dependientes

Control de Fajas, motores, válvulas neumáticas, cilindros neumáticos.

1.3.3. Indicadores de variables

- Sistema de selección de objetos: La tasa de aciertos del módulo con el que podremos observar el porcentaje de piezas que fueron seleccionadas y distribuidas adecuadamente según el programa asociado al autómata.
- Fajas transportadoras: Velocidades máximas y mínimas medidas en rpm.
- Procesamiento de la señal: Al ser controlado mediante autómata programable, adecuaremos la señal de salida de este para accionar los diversos elementos del módulo educativo.

1.4. Desarrollo

El presente trabajo tendrá como base la implementación del módulo neumático con fajas transportadoras y una aplicación para selección de objetos sólidos mediante sensores acoplados a las fajas.

Necesitaremos los conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional y adicionalmente se investigarán las funciones mecánicas de los elementos a acoplar, así como también el funcionamiento de los elementos neumáticos.

1.5. Metodología

La metodología empleada es Investigación científico-tecnológica con la aplicación de esta.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo Principal

Diseñar e implementar un módulo educativo de control neumático secuencial.

1.6.2. Objetivos secundarios

- Diseñar e implementar 2 fajas transportadoras, con un sistema que permita la selección de objetos.
- Seleccionar los sensores y actuadores de acuerdo con la clasificación de objetos.
- Realizar la programación secuencial de acuerdo con estándares nacionales e internacionales.
- Diseñar e implementar un sistema de interfaz hombre-máquina.
- Elaborar un manual de funcionamiento del módulo neumático secuencial.
- Elaborar guías de laboratorio que permitan verificar el correcto funcionamiento del módulo neumático secuencial.

1.7. Antecedentes

A nivel local pudimos encontrar el módulo desarrollado por los Ingenieros Rodríguez Peñaranda y Villalba Cabrera, el cual fue desarrollado en base a la programación de un PIC con una tarjeta de adquisición de datos modelo NI-6008 y encontramos también un módulo controlado por PLC en TECSUP pero éste cuenta con una alimentación manual de las piezas.

Nuestro módulo tendrá una alimentación automática de piezas mediante un cilindro neumático y una serie de sensores que determinarán la selección de objetos teniendo como base los parámetros del programa que se cargará al PLC.

1.8. Cronograma

N°	Actividades	Mes-Año Semanas	Oct-18			Nov-18			Dic-18			Ene-19			Feb-19			Mar-19			Abr-19			May-19			Jun-19			Jul-19			Ago-19			Set-19			Oct-19			Nov-19		
			3	4		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1	Aprobación de Plan de Tesis																																											
2	Recolección de Datos																																											
3	Elaboración del proyecto																																											
4	Sistematización																																											
5	Conclusiones																																											
6	Elaboración del informe final																																											



CAPITULO II

2. Marco Conceptual

2.1. Sistema Neumático.

Para [1] la neumática es el estudio del movimiento del aire y su compresión, el cual proporciona movimiento a diferentes componentes neumáticos como cilindros, válvulas de control, motores neumáticos.

2.1.1. Fundamentos físicos Fuente: [2]

2.1.1.1. Presión

Fuerza que actúa por cada unidad de superficie.

$$P = \frac{F}{S}$$

Donde:

- P, presión (kg/cm²).
- F, fuerza en (kgf).
- S, Superficie (cm²).

Cuando se trabaja en neumática, también se hablará de presión atmosférica, presión relativa y presión absoluta, entonces:

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{rel}$$

La unidad de presión según el sistema internacional es el Newton (N) y la superficie se expresa en m², a esta unidad se le llama Pascal, entonces:

$$1 \frac{N}{m^2} = 1 Pa$$

Otras unidades:

$$1 bar \approx 1 \frac{kg}{cm^2} \approx 1 atmósfera$$

Para [3], la presión de entrada y salida se mide en bar y en los cálculos de un sistema neumático se utiliza la presión absoluta.

2.1.1.2. Caudal

Es la cantidad de fluido que atraviesa una sección dada por unidad de tiempo. La unidad de caudal se expresa en kilogramos (caudal másico) o metros cúbicos (caudal volumétrico)

$$Q.másico = Q.volumétrico * \rho$$

2.1.1.3. Temperatura absoluta

Al aumentar la presión, las moléculas aumentan su velocidad y temperatura debido al roce entre las moléculas. Las moléculas dejan de moverse al llegar al cero absoluto (-273°C o 0°K).

La relación entre estas dos escalas de temperatura es:

$$T(^{\circ}K) = t(^{\circ}C) + 273$$

2.1.2. Ley de los gases.

Fuente: [4]

La separación entre las moléculas y su velocidad originan las siguientes propiedades:

- Carecen de forma y no tiene volumen fijo.
- Son compresibles.
- La cantidad de moléculas por volumen será menor en estado gaseoso.

El estado de un gas está definido por la presión, volumen y la temperatura. La relación entre estas, están definidas por las siguientes leyes.

- Ley de Boyle – Mariotte.
- Ley de Charles.
- Ley de Gay – Lussac.

Según [5] se puede tratar al aire comprimido como un gas ideal de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\frac{P_0 * V_0}{T_0} = \frac{P * V}{T}$$

2.1.3. Esquema de los sistemas neumáticos

Según [6] un sistema neumático está compuesto por los elementos de alimentación, elementos de entrada, elementos de procesamiento y elementos de maniobra y trabajo, esto se aprecia en la figura 1.

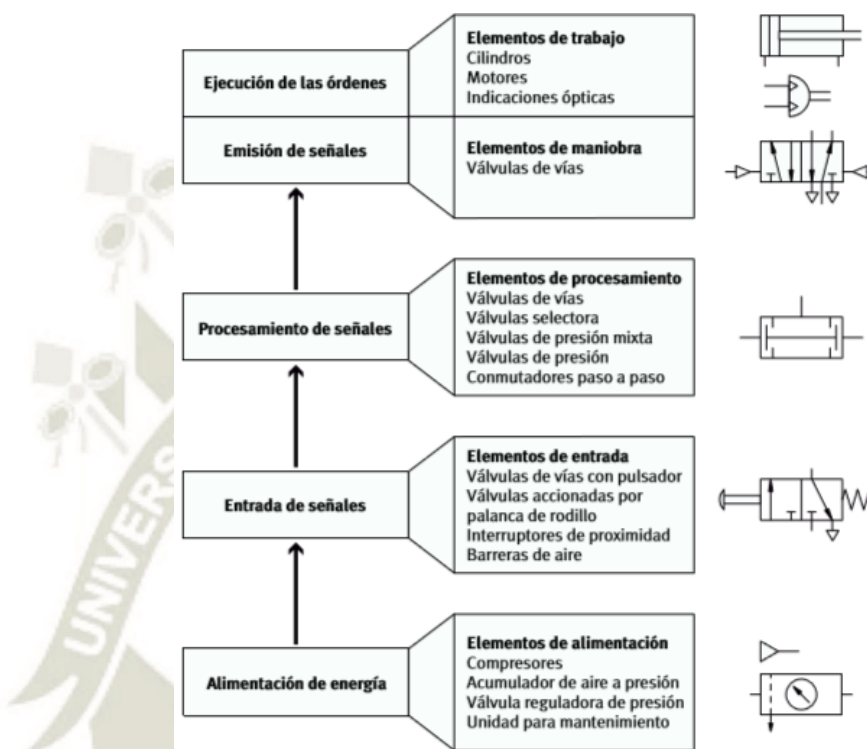


Figura 1. Estructura de los sistemas neumáticos
Fuente: [7]

Otras normas empleadas en la presente tesis para la identificación de sistemas neumáticos, electroneumáticos y eléctricos son:

- Norma ISO 1219-2:2012-06.
- Norma EN 81346-2:2009-10.

En la tabla 1, se presenta la simbología neumática.



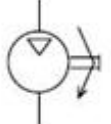
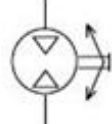


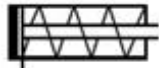
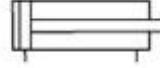
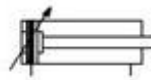

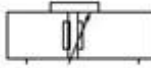

Conversión de energía			
Compresor		Bomba de vacío	
Motor neumático unidireccional de caudal constante		Motor neumático bidireccional de caudal constante	
Actuador de giro		Cilindro neumático de simple efecto con retroceso por fuerza exterior	
Cilindro neumático de simple efecto con retroceso por muelle		Cilindro de doble efecto	
Cilindro de doble efecto con amortiguación regulable en ambos sentidos		Cilindro de doble efecto con doble vástago	
Unidad lineal neumática sin vástago		Cilindro hidrotelescópico	

Tabla 1. Simbología neumática
Fuente: [8]

Para el desarrollo de la siguiente tesis, los símbolos neumáticos utilizados serán bajo la norma ISO 1219-1:2006-10, aunque en la actualidad dicha norma ha sido sustituida por la norma ISO 1219-1:2012-06.

2.1.4. Aire comprimido

Por definición el aire comprimido está compuesto de nitrógeno, oxígeno y vapor de agua. A esta mezcla también debemos de agregarle las partículas sólidas contaminantes.

El aire comprimido es almacenado en recipientes, los cuales son diseñados para soportar la presión de aire comprimida almacenada.

Para obtener un buen rendimiento de todos los componentes de un sistema neumático, el aire debe de ser tratado previamente.

Algunas características del aire comprimido son su fluidez, compresibilidad y elasticidad.

2.1.5. Central Neumática

Todo sistema neumático o electroneumático está compuesto de una central neumática que se encarga de mantener el caudal y presión necesarios para la alimentación de los diferentes elementos que componen una instalación neumática o electroneumática.

Estas centrales están compuestas por diferentes elementos como: compresores, filtros de aire, depósito, refrigerador, separadores, secadores, filtro regulador y lubricador [9].

Todos estos elementos que componen la central neumática deben de garantizar una condición de trabajo adecuado libre de impurezas y humedad. Es por ello por lo que el aire comprimido debe ser tratado antes de ser usado. En la figura 2 se muestra los componentes de una central neumática.

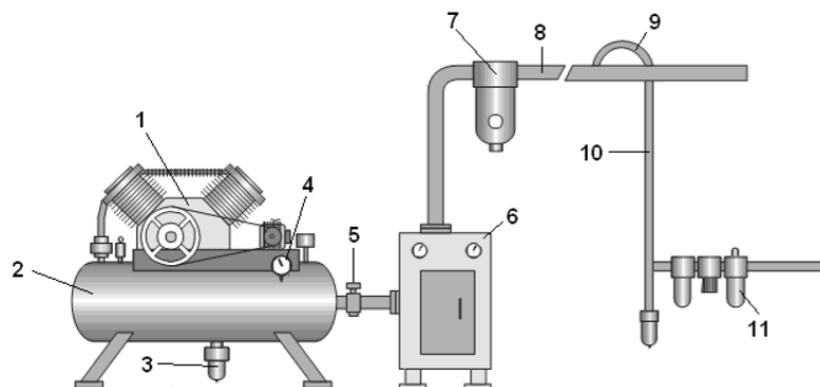


Figura 2. Componentes de una Central Neumática
Fuente: [10]

2.1.5.1. Compresor

Equipo que aspira el aire del medio ambiente y la comprime hasta alcanzar una presión determinada en condiciones atmosféricas. El caudal que suministra un compresor se encuentra expresado en litros/min, litros/seg o m^3/min .

Según [11], los compresores se clasifican en:

- a. Compresores alternativos.
 - Compresores de una etapa.

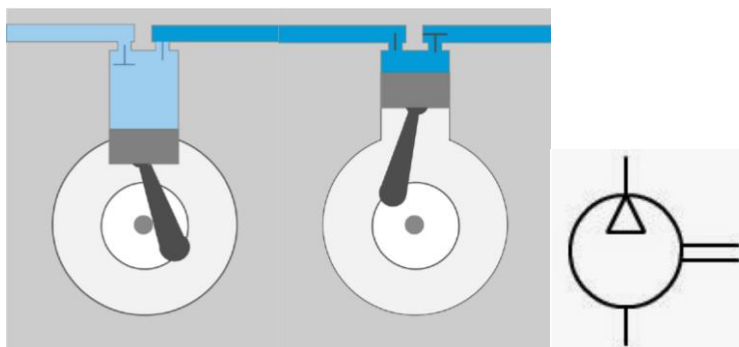


Figura 3. Compresor de una etapa
Fuente: [12]

- Compresores de dos etapas.

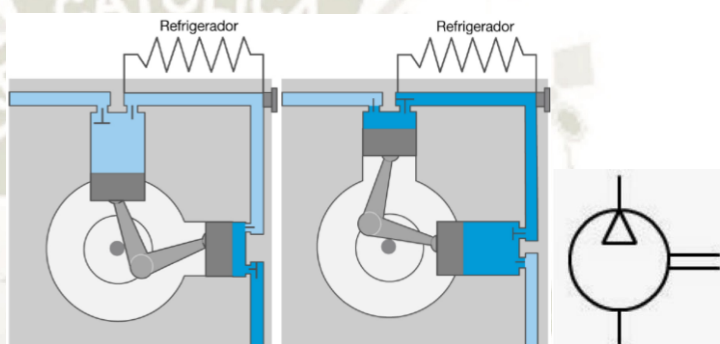


Figura 4. Compresor de dos etapas
Fuente: [13]

- Compresores de membrana.

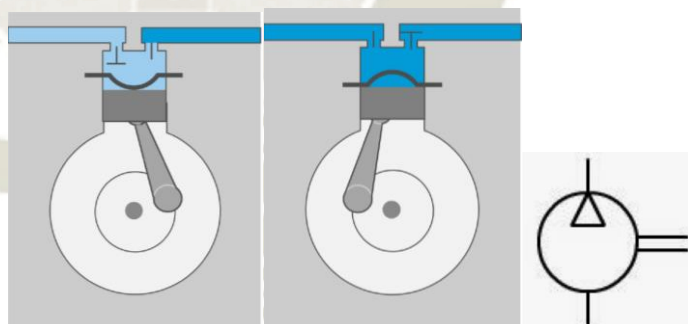


Figura 5. Compresor de membrana
Fuente: [14]

b. Compresores rotativos.

- Compresor de paletas.

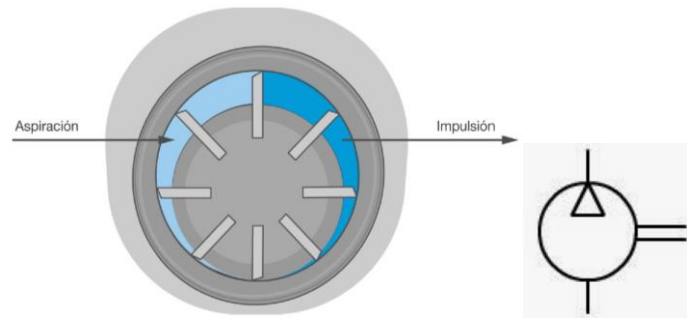


Figura 6. Compresor rotativo
Fuente: [15]

- Compresor de tornillo

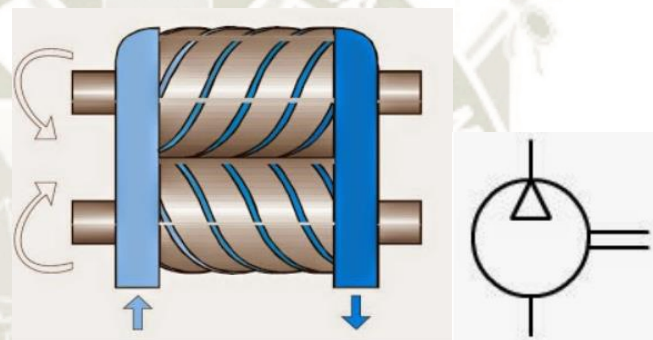


Figura 7. Compresor de tornillo
Fuente: [16]

2.1.5.2. Depósito

Fuente: [17]

Calderín o acumulador, se utilizan para almacenar el aire comprimido, con la finalidad de proporcionar la presión necesaria al sistema neumático. Para determinar la capacidad de un depósito, se utiliza la siguiente fórmula.

$$V = K * Q$$

Donde:

- V, volumen (m^3).
- K, constante (Entre 0.2 y 0.5).
- Q, caudal del compresor en m^3/min .

En la figura X2 se muestran los componentes básicos de un depósito.

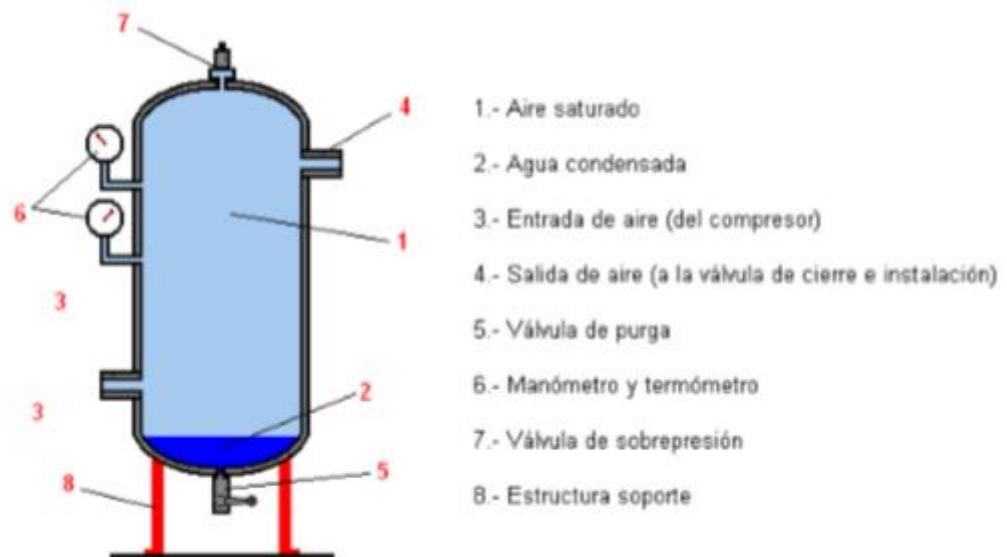


Figura 8. Elementos principales de un depósito
Fuente: [18]

2.1.5.3. Unidad de mantenimiento.

Para que los componentes neumáticos funcionen adecuadamente es recomendable someter el aire comprimido a un proceso de acondicionamiento previo con la finalidad de obtener aire con menor grado de impurezas.

La finalidad de la unidad de mantenimiento es filtrar el aire, regular la presión de trabajo y lubricar en caso sea necesario. [19]

Cada uno de estos elementos, filtro, regulador y lubricador son elementos modulares que forman la unidad de mantenimiento. Este último el lubricador puede ser opcional debido a que la mayoría de los elementos ya vienen lubricados, pero dependiendo de las aplicaciones puede que sea necesario lubricación adicional.

En la figura 9, se muestra la unidad de mantenimiento.

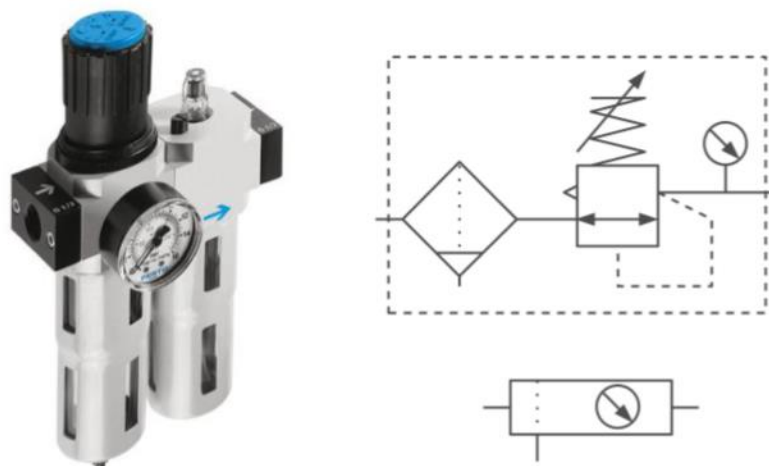


Figura 9. Unidad de Mantenimiento
Fuente: [20]

El filtro es el encargado de filtrar las impurezas líquidas y solidas del medio ambiente para que aire el cual es aspirado por el compresor circule limpio hacia todos los puntos de distribución. Este proceso se realiza en dos etapas. La primera de ellas con la finalidad de retener las partículas mayores, y en la segunde etapa se realiza un filtrado fino, para ello se hace uso de cartuchos de filtración de entre 5 y 40 micras. La figura 10 muestra un filtro.



Figura 10. Filtro de la unidad de mantenimiento, simbología
Fuente: [21]

El *regulador de presión* es el encargado de mantener la presión estable para todo el sistema neumático. Este elemento tiene incorporado un manómetro por el cual se el ajuste de la presión.

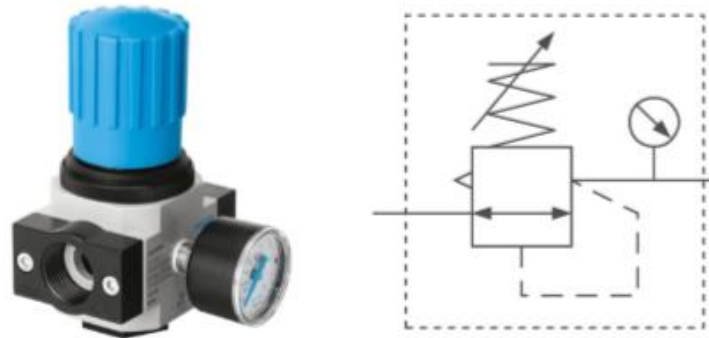


Figura 11. Regulador de presión con manómetro, simbología
Fuente: [22]

El *lubricador* incorpora un dispositivo que eleva el aceite y lo pulveriza hacia la línea principal con la finalidad de lubricar los elementos móviles de los componentes neumáticos. El principio de funcionamiento de estos elementos es el efecto de Venturi.

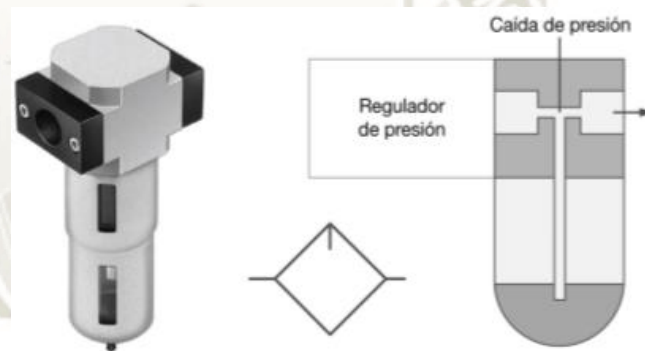


Figura 12. Lubricador, simbología
Fuente: [23]

2.1.6. Actuadores neumáticos

Un actuador o elemento de trabajo, se encarga de transformar la energía de presión neumática (gas o aire comprimido) en movimiento mecánico lineal o rotativo, denominada energía cinética.

Básicamente los actuadores neumáticos se clasifican en:

- a. Actuadores que realizan movimiento lineal.
- b. Actuadores que realizan movimiento rotatorio.

2.1.6.1. Cilindros

Los actuadores lineales o cilindros realizan desplazamientos lineales que permiten el avance y retroceso de un mecanismo mecánico. En la tabla 2, se representan los símbolos neumáticos para los diferentes tipos de cilindros., según la norma CETOP.

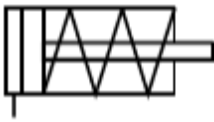
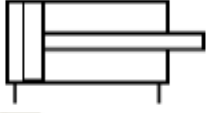
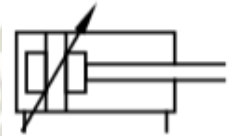
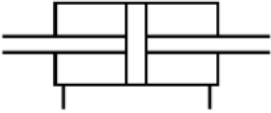
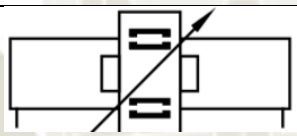
 <p>Cilindro de simple efecto</p>	 <p>Cilindro de doble efecto</p>
 <p>Cilindro de doble efecto con amortiguación autorregulable</p>	 <p>Cilindro de doble efecto con doble vástago</p>
 <p>Cilindro sin vástago con acoplamiento magnético</p>	

Tabla 2. Simbología básica CETOP de cilindros neumáticos
Fuente:[24]

Los cilindros se clasifican en: Cilindros de simple efecto los cuales realizan una carrera de trabajo y cilindros de doble efecto los que realizan dos carreras de trabajo. En las figuras 13 y 14 se aprecian este tipo de cilindros.

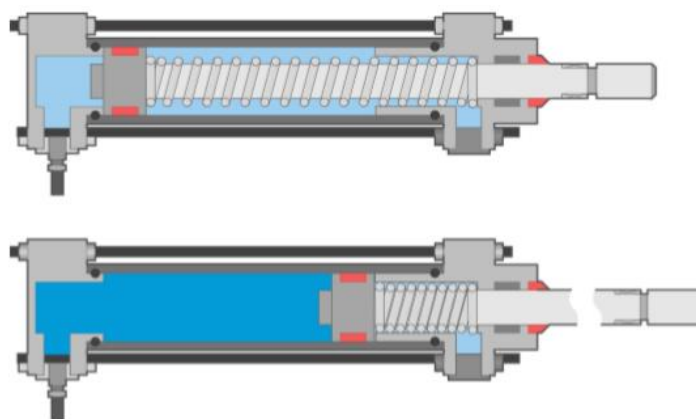


Figura 13. Cilindro de simple efecto
Fuente: [25]

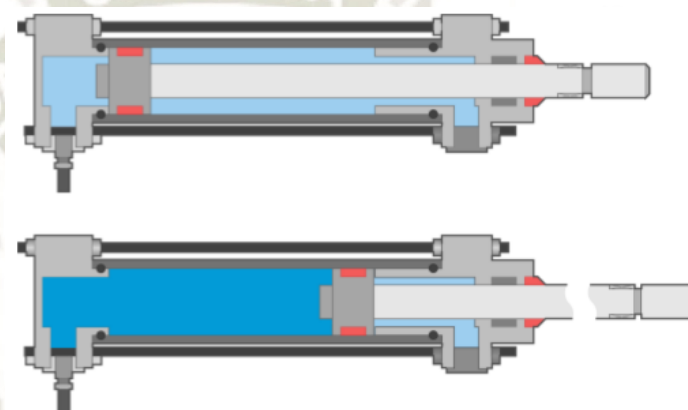


Figura 14. Cilindro de doble efecto
Fuente: [26]

2.2. Sistemas electroneumáticos

Según [27] una válvula neumática es un dispositivo que regula el sentido de la presión o caudal de aire comprimido hacia los actuadores neumáticos, permitiendo su arranque o parada.

Para [28] una válvula es un órgano de mando que regula y distribuye el aire comprimido hacia los cilindros o motores neumáticos.

CETOP¹ según la misión que realicen dentro del circuito neumático clasifica a las válvulas de regulación y distribución en: Válvulas distribuidoras y de mando, válvulas de bloqueo y conmutación, válvulas de caudal y presión, y válvulas proporcionales. Todas estas válvulas redirigen el aire comprimido al circuito

¹ CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas)

neumático a través de sus vías; la nomenclatura de las vías, están establecidas en las normas DIN-ISO y CETOP, y se aprecian en la tabla 3.

ISO 1219	CETOP	FUNCIÓN
ALFABÉTICA	NUMÉRICA	
P	1	Conexión del aire comprimido (Alimentación)
A, B, C	2, 4, 6	Tuberías o vías de trabajo con letras mayúsculas.
R, S, T	3, 5, 7	Orificios de purga o escape.
X, Y, Z	12, 14, 16	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento.
L	9	Fuga.

Tabla 3. Nomenclatura de las vías
Fuente: [29]

Una válvula distribuidora canaliza el aire comprimido a los demás componentes del circuito neumático. La clasificación de una válvula se realiza mediante símbolos que nos indican el número de posiciones y vías que tiene una válvula, sin tomar en cuenta su construcción.

Así por ejemplo las posiciones de una válvula se representan mediante cuadrados en cascada, se puede tener 2,3 o más posiciones. En cambio, una vía o conducto se representan por líneas (flechas) las cuales nos indican el sentido de la presión de aire, así como el número de conexiones que tiene la válvula, se puede tener 2, 3, 4, 5 o más vías.

En la tabla 4, se representa los símbolos neumáticos para las válvulas distribuidoras, según la norma CETOP.





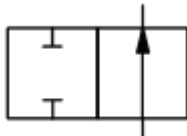
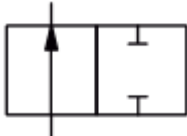
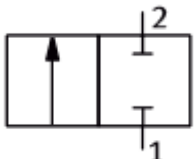
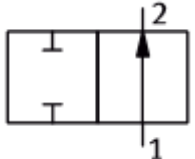
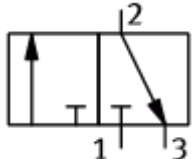
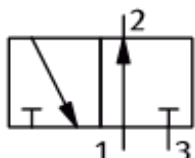
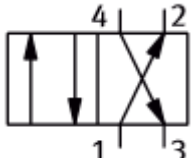
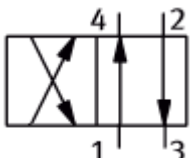
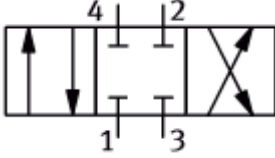
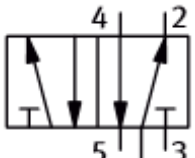
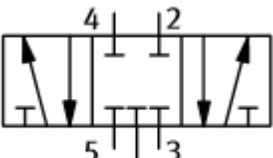
		
2 posiciones	3 posiciones	Paso de caudal
		
Vía bloqueada	Válvula normalmente abierta	Válvula normalmente cerrada.
		
Válvula distribuidora 2/2 vías, cerrada en reposo	Válvula distribuidora 2/2 vías, abierta en reposo	Válvula distribuidora 3/2 vías, cerrada en reposo
		
Válvula distribuidora 3/2 vías, abierta en reposo	Válvula distribuidora 4/2 vías, paso de caudal 1 → 2 y de 4 → 3	Válvula distribuidora 4/2 vías, paso de caudal 1 → 4 y de 2 → 3
		
Válvula distribuidora 4/3 vías, con centro cerrado	Válvula distribuidora 5/2 vías, paso de caudal 1 → 2 y de 4 → 5	Válvula distribuidora 5/3 vías, con centro cerrado

Tabla 4. Simbología básica CETOP de válvulas distribuidoras
Fuente:[30]

De las figuras vistas en la Tabla 4, podemos indicar que cada uno de los símbolos representa el número de entradas y salidas que posee, la cantidad de posiciones y el

tipo de accionamiento. Por ejemplo, la figura 15, representa una válvula distribuidora 3/2 vías, cerrada en reposo.

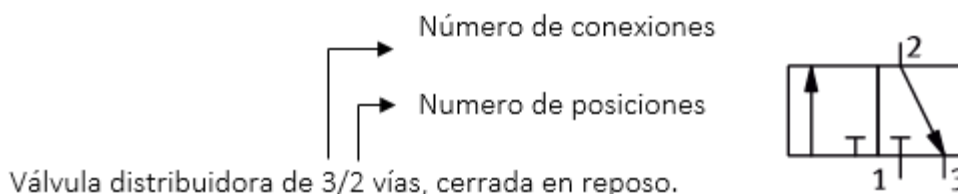


Figura 15. Válvulas distribuidora 3/2 vías, cerrada en reposo
Fuente: [31]

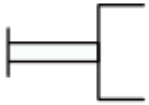
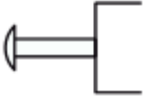

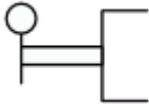
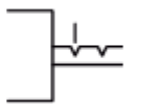

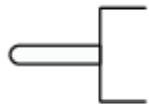
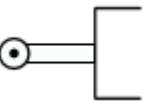
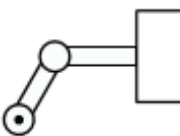



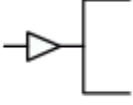
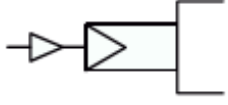
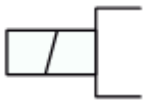

En la presenta tesis, para la denominación de las conexiones o conductos de trabajo y maniobra se usará la norma CETOP, la que se puede apreciar en la tabla 5.

Conductos	Vías	Uso
De trabajo	1	Para conexión de aire comprimido.
	2, 4	Conductos de trabajo.
	3, 5	Conductos de escape.
De maniobra	10	Ante una señal, bloquea el paso de aire de 1→2.
	12	Ante una señal, abre paso de aire de 1→2.
	14	Ante una señal, abre paso de aire de 1→4
	81, 91	Aire auxiliar para maniobra.

Tabla 5. Denominación de las conexiones según código numérico CETOP
Fuente:[32]

Las válvulas distribuidoras poseen uno o más accionamientos que les permiten pasar de la posición de cerrado a abierto o viceversa. Estos símbolos según la norma DIN ISO 1219 en su parte referida a Técnicas de Fluidos – Símbolos gráficos y esquema de conexiones, van dibujadas directamente en la parte lateral de las válvulas distribuidoras.

Los tipos de accionamientos pueden ser de accionamiento manual, accionamiento mecánico, accionamiento por aire comprimido, accionamiento eléctrico o una combinación de ellos. La tabla 6, representa la simbología para los tipos de accionamientos.

Accionamiento manual		
		
Accionamiento general	Accionamiento pulsador	Accionamiento por palanca
		
Accionamiento enclavable	por palanca	Accionamiento por pedal
Accionamiento Mecánico		
		
Accionamiento por leva	Accionamiento rodillo	Accionamiento por rodillo abatible
		
Accionamiento por resorte	Centrado por resorte	
Accionamiento por aire comprimido		
		
Accionamiento directo por aplicación de presión	Accionamiento indirecto, por aplicación de presión, servopilotado	
Accionamiento Electromagnético		
		
Accionamiento por electroimán	Accionamiento doble por electroimán	
Accionamiento combinado		



Válvula con mando previo, accionada electromagnéticamente por los dos lados, accionamiento manual auxiliar

Tabla 6. Simbología para tipos de accionamiento
Fuente:[33]

Si combinamos los símbolos de la tabla 5 y tabla 6, podemos obtener una válvula como la que se muestra en la figura 16.

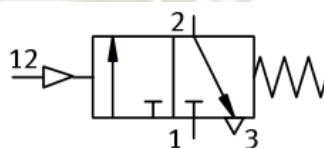


Figura 16. Válvula de accionamiento neumático monoestable de 3/2 vías, cerrada en reposo
Fuente: [34]

Como se puede observar en la figura 16, la válvula se encuentra en estado de reposo o inactiva, es decir, mientras no exista una señal en el conducto de maniobra o pilotaje 12, la fuerza del muelle o resorte hace que exista una conexión entre las vías 2→3, haciendo que flujo de aire escape por la vía o conducto de escape 3.

En el caso que exista una señal neumática en el conducto de maniobra 12 que venza la resistencia mecánica del muelle o resorte, habrá un cambio de posición por lo que habrá una conexión entre las vías 1→2, bloqueando el conducto de escape 3. Esto se puede apreciar en la figura 17.

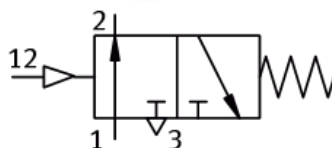
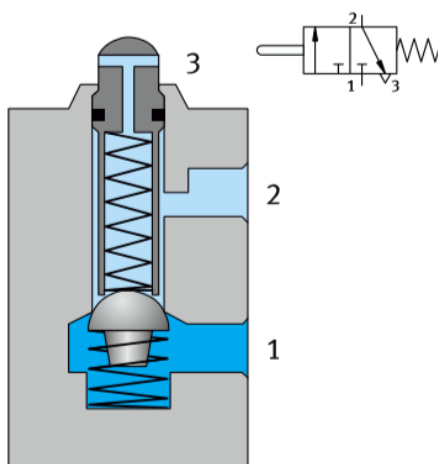


Figura 17. Válvula de accionamiento neumático monoestable de 3/2 vías, activa
Fuente: [35]

Según [36], de acuerdo con su construcción interna, las clasifica en válvula de corredera, de asiento y de disco, algunas de estas se pueden apreciar en la figura 18.

a. Inactiva



b. Activa

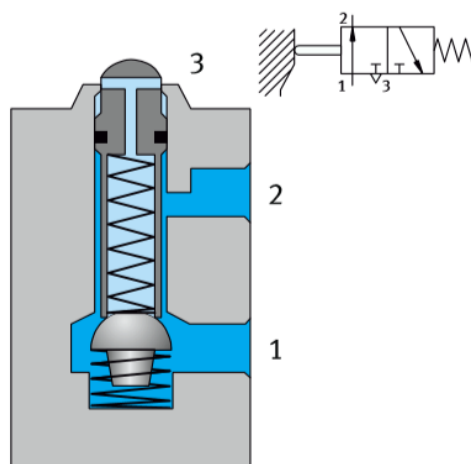
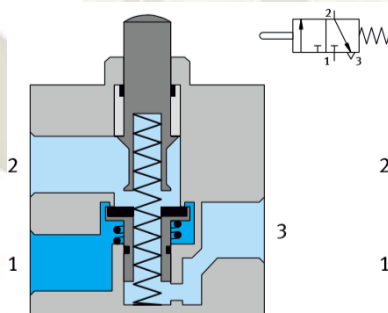


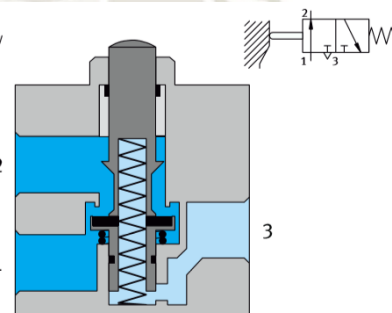
Figura 18. Válvula 3/2 vías, asiento de bola
Fuente: [37]

Las figuras 18^a y 18b, nos muestran una válvula de 3/2 vías, abierta en reposo, con asiento de bola, en el estado inactivo (reposo) la vía 1 se encuentra hay una conexión por lo que habrá una conexión entre las vías 1→2.

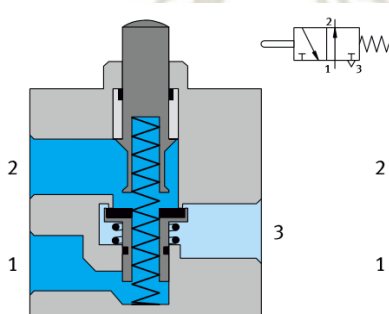
a. Inactiva



b. Activa



c. Inactiva



d. Activa

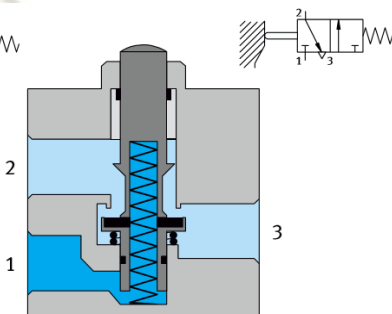


Figura 19. Válvula 3/2 vías, asiento de plato
Fuente: [38]

La figura 19a y 19b, nos muestra una válvula de 3/2 vías, bloqueada en reposo, con asiento de plato, en estado inactivo y activo respectivamente.

La figura 19c y 19d, nos muestra una válvula de 3/2 vías, abierta en reposo, con asiento de plato, en estado inactivo y activo respectivamente.

2.3. Control lógico programable

Un controlador lógico programable, PLC por sus siglas en inglés que significan “Programable Logic Controller”, es un dispositivo diseñado para automatizar procesos y tienen un uso mayormente industrial, aunque también pueden emplearse en otras aplicaciones más sencillas.

Están diseñados para controlar procesos secuenciales, estos dispositivos realizan funciones lógicas como temporizar o contar; además puede realizar funciones más complejas como cálculos, regular elementos en función a parámetros, etcétera [39].

Dentro de un PLC se pueden encontrar terminales de entrada y salida, a los primeros se les pueden conectar pulsadores, sensores, entre otros mientras que a los segundos se conectan las bobinas de los contactores, electroválvulas, lámparas, entre otros.

2.3.1. Estructura de un controlador lógico programable (PLC)

Los PLCs se componen de básicamente 3 partes: hardware, firmware y software. El primero corresponde a las partes físicas (circuitos, cableados, batería, etc.). El segundo viene formado por los programas que estén permanentemente instalados por el fabricante que incluye las rutinas básicas del sistema y el último corresponde al programa escrito por el usuario del PLC [40].

En la figura 20 podemos observar un esquema básico de PLC que corresponde a su estructura interna que se compone principalmente de tres bloques [41]:

- Sección de entradas: Mediante la interfaz, se encarga de adaptar y codificar las señales que recibe de los dispositivos de entrada como pulsadores, sensores, etc.
- Unidad central de procesos (CPU): Se encarga del procesamiento del programa del usuario y mediante la interpretación de las instrucciones activa las salidas indicadas.
- Sección de salidas: Se encarga de decodificar las señales enviadas por la CPU y comanda con ellas a los dispositivos de salida como relés,

electroválvulas, contactores, etc. En esta sección se consideran también las interfaces de adaptación.

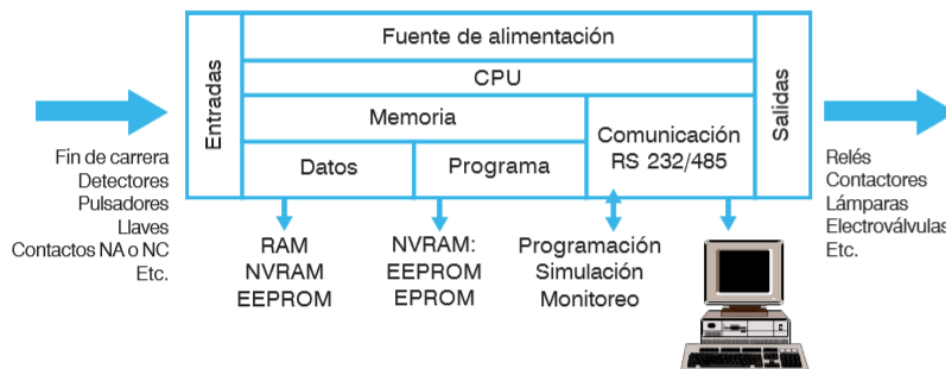


Figura 20. Esquema básico de un PLC
Fuente: [42]

2.3.2. Ventajas y desventajas

Ventajas:

- El espacio que ocupa es reducido
- Se puede modificar el programa almacenado en cualquier momento
- Los PLCs pueden detectar averías de los elementos que controlan (se puede programar alguna acción en el momento en que un dispositivo falle al enviar una señal.)
- Un mismo PLC puede controlar diversos elementos (relés, electroválvulas, contactores, etc)

Desventajas:

- Es necesario tener un programador por lo que se debe capacitar a uno de los colaboradores para cumplir con dicha función.
- La inversión inicial puede ser elevada dependiendo de las características requeridas para el proceso a automatizar.

2.3.3. Campo de aplicación

Al ser los PLCs son elementos muy versátiles, su campo de aplicación es amplio, esto es debe a que la tecnología empleada por éstos se actualiza constantemente además que su tamaño reducido y la capacidad de almacenar programas que pueden ser luego modificados significan una gran ventaja.

Son utilizados principalmente en instalaciones donde es necesario realizar maniobras, control, señalizaciones, entre otras. Pueden ser encontrados en procesos industriales de cualquier tipo, fabricación de diversos productos, control de instalaciones, etc.

2.3.4. Programación

Existen diferentes tipos de programación, pero todos deberían ser diseñados sistemáticamente, estructurados y correctamente documentados para que se tenga un programa libre de errores, fácil de entender y fácil de poder modificar [43].

En la figura 21 se puede apreciar un modelo de fases para el diseño de un programa en PLC donde se pueden apreciar 4 fases: Especificación, diseño, realización y comisionamiento.

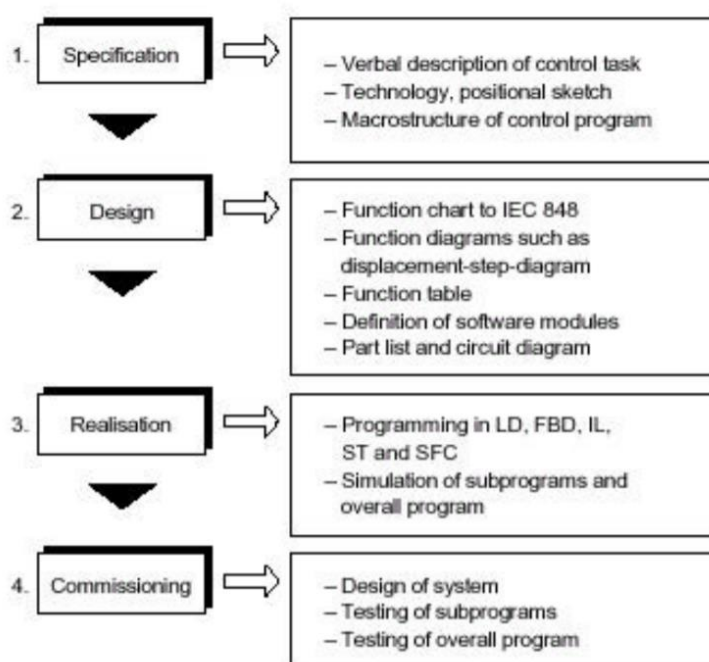


Figura 21. Modelo de fases para programar en PLC
Fuente: [44]

La etapa de especificación corresponde a la formulación del programa, la etapa de diseño se encarga de concretar el concepto de la solución elegida, la tercera etapa de realización corresponde a las actividades que corresponden a la programación de la solución elegida y finalmente en la etapa de comisionamiento nos encontramos con la puesta a punto y la verificación de la interacción entre el sistema y la planta.

2.3.4.1. Lenguajes de Programación

Fuente: [45]

La norma IEC1131-3 ha definido 5 tipos de lenguajes de programación, cada uno con una funcionalidad y estructura distintos. Dentro de un proyecto de PLC se puede usar cualquiera de los lenguajes normados.

- Diagrama de contactos o diagrama en escalera (LD): Derivado de los esquemas de circuitos de mandos por relés.

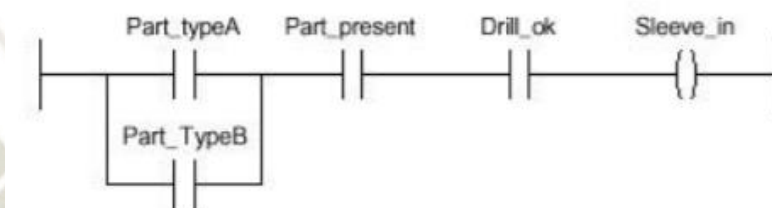


Figura 22. Ejemplo diagrama en escalera
Fuente: [46]

- Diagrama de bloques de función (FBD): Deriva de los diagramas lógicos empleados en el diseño de circuitos electrónicos.

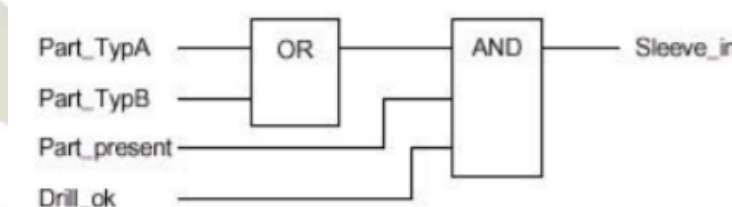


Figura 23. Ejemplo diagrama de bloques de función
Fuente:[47]

- Lista de instrucciones (IL): Es un lenguaje de tipo assembler.

```
LD    Part_TypeA
OR    Part_TypeB
AND   Part_present
AND   Drill_ok
ST    Sleeve_in
```

Figura 24. Ejemplo de lista de instrucciones
Fuente: [48]

- Texto estructurado (ST): Es un lenguaje de alto nivel basado en Pascal y consiste en expresiones e instrucciones.

```
Q 4.0 := I 0.0 AND I 1.1 OR NOT I 0.1
IF Q 4.0 == 1 THEN GOTO M001
ELSE Q 1.0 = NOT Q 4.0;
END_IF;
M001 MW 2= 1+MW 2;
```

Figura 25. Ejemplo de texto estructurado

Fuente: [49]

- Diagrama de funciones secuencial (SFC) [19]: Es un método gráfico de modelado y descripción de sistemas, se compone de etapas, transiciones y acciones.

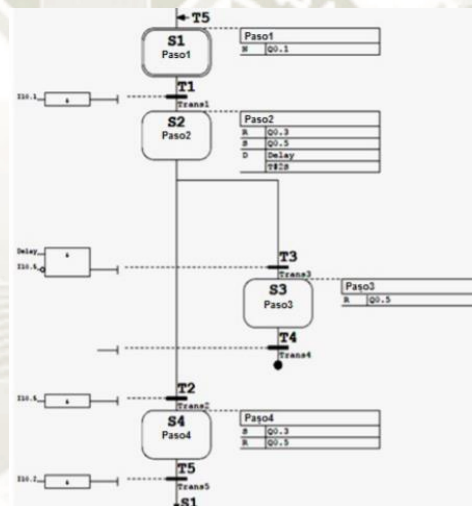


Figura 26. Ejemplo de diagrama de funciones secuencial

Fuente: [50]

2.3.5. Micrologix 1100

En la presente tesis se empleará un autómatas programable de la marca Allen Bradley, familia MicroLogix modelo 1100. Este módulo cuenta con una tarjeta de entradas de código Micrologix 1762.

Las características de este autómata y del módulo de entradas, se muestra a continuación:

Micrologix1100	1763-L16BWA
Voltaje de trabajo	120 a 240 Vac
Entradas Digitales	10 a 24 Vdc
Entradas Analógicas	2 embebidas con posibilidad de expandir mediante módulo
Salidas Digitales	Posee 6 relés
Puertos de conexión	Serial (RS232) y Ethernet
MicroLogix 1762	IQ16 DC Input Module
Voltaje de trabajo	24 V DC
Dimensiones	90 x 40,4 x 87 mm
Número de entradas	10 digitales y 2 analógicas

*Tabla 7. Características PLC MicroLogix 1100 y tarjeta de entradas
Fuente: [51]*

CAPITULO III

3. Diseño de Ingeniería

3.1. Especificaciones Técnicas.

El módulo deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- Debe ser fácil de transportar dentro y fuera de los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.
- Debe estar hecho de un material liviano pero resistente.
- Debe ser posible realizar el programa controlador del módulo con cualquier autómata programable, sean de la marca Allen Bradley, Siemens o algún otro.
- Debe poseer 2 fajas transportadoras que cumplan con los siguientes criterios:
 - Ambas fajas deberán ser fabricadas de un material resistente y delgado que no necesite de lubricación externa, no se cuartee ni se desgaste con facilidad.
 - La faja principal deberá tener un ancho de 8 centímetros y un largo de 100 centímetros, además de contar con 4 chutes, uno de conexión para la faja secundaria y 3 chutes para la selección de piezas.
 - La faja secundaria deberá tener un ancho de 8 centímetros y un largo de 50 centímetros. Esta faja sólo deberá tener un chute al final de esta para que ahí caigan las piezas.
 - La velocidad de la faja principal no deberá exceder las 100 rpm para poder asegurar una velocidad en la que el empuje del cilindro alimentador no genere caídas de piezas.
 - La velocidad de la faja secundaria no deberá exceder las 60 rpm para garantizar que las piezas metálicas sean transportadas suavemente hacia el chute correspondiente.
- Debe ser capaz de distinguir entre diferentes tipos de material mediante diversos sensores.
- Se deberán suministrar piezas cilíndricas de tres tipos de material (metal, madera y plástico) además de contar con un alimentador de piezas hacia la faja principal. Se deberán suministrar 12 piezas cuyo diámetro sea de 5 centímetros y cuyo alto sea 5 centímetros también. Adicionalmente, deberán suministrarse 4 piezas de madera de diámetro 5 centímetros y alto de 2 centímetros; estas piezas serán

empleadas como piezas no conformes para poder comprobar que la selección de objetos funciona de acuerdo con lo descrito.

- Debe poseer los actuadores neumáticos adecuados y correctamente dimensionados para asegurar el funcionamiento del módulo como un sistema selector de objetos.
- La presión de trabajo del módulo deberá estar regulada a 6 Bar porque se usará un compresor de aire adaptado y recuperado de la tesis anterior. Se debe regular para garantizar que los pistones tengan la fuerza necesaria para el empuje de las piezas
- Debe contar con un panel de conexiones para vincular el autómata al módulo.
- Debe contar con un panel visualizador con indicadores luminosos que faciliten la detección y el control de los elementos que están siendo activados.
- El tablero eléctrico deberá cumplir con las normas IEC 60529 e IEC 61439-1.
- El programa deberá desarrollarse en un lenguaje adecuado y se debe presentar un diagrama de flujos.
- Los diagramas de programación presentados deberán cumplir con la norma IEC 60848 (grafcet).

3.2. Etapas de funcionamiento

La función principal de este módulo es simular un sistema clasificador de objetos en base a los diferentes tipos de material brindados los cuales son metal, madera y plástico. El módulo será controlado mediante un autómata programable que, a su vez, será controlado por una PC.

Los elementos neumáticos del módulo serán controlados mediante las señales que envía el autómata programable y la secuencia de funcionamiento queda a criterio del usuario.



Figura 27. Diagrama básico del módulo
Fuente: Elaboración propia

El autómata con el que se está trabajando en el desarrollo de esta tesis es el MicroLogix 1100 de la marca Allen Bradley, sin embargo, se puede conectar

cualquier autómatas al módulo neumático pues éste tiene un panel de conexiones de entradas y salidas que lo hacen un módulo independiente.

Analizando un poco más, podremos observar que el autómatas es el responsable de controlar el módulo. Una vez se tenga un programa controlador, se deberán hacer las conexiones mediante los cables Banano/Banano proporcionados entre las entradas y salidas del autómatas con las respectivas borneras del Panel I/O del módulo.

El programa se encargará de la acción de todos los actuadores y se podrá visualizar en un HMI que puede ser un sistema Scada o puede ser el panel de visualización luminoso adherido al módulo.

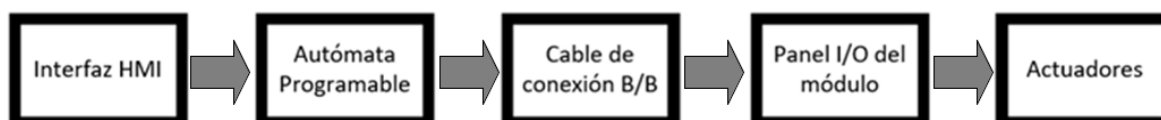


Figura 28. Etapas entre autómatas e interfaz HMI
Fuente: Elaboración propia

Analizando más a fondo el autómatas, podremos ver que no sólo hará correr al programa controlador, sino que, para lograr un funcionamiento de los actuadores, el autómatas deberá recibir la señal de los sensores acoplados a la faja principal. Las señales de los sensores serán procesadas y en función al programa se activarán los motores que controlan a las fajas o se enviará una señal a las electroválvulas para el correspondiente accionamiento de los cilindros neumáticos.

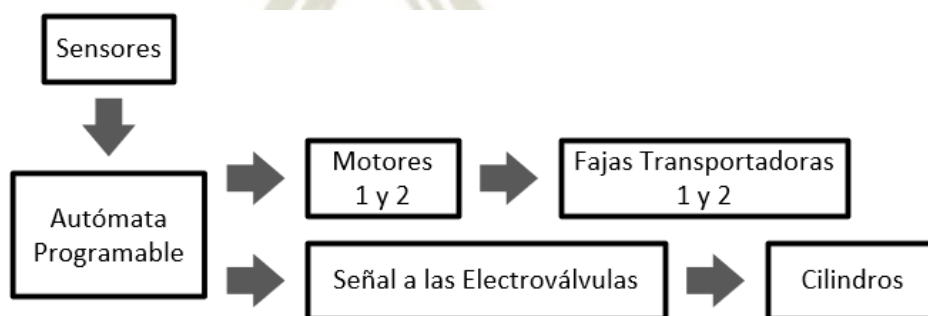


Figura 29. Diagrama de bloques del Autómata Programable
Fuente: Elaboración propia

3.3. Alternativas de solución

El estado en que se encuentra actualmente el módulo es bastante deplorable como puede observarse en las Figuras 30 a la Figura 32. Se puede observar que el tablero de control que debería contener todos los elementos eléctricos, electrónicos y de potencia no se encuentran, en su lugar sólo hay retazos de cable. Además, el tablero no cumple las normas vigentes, no cuenta con rieles DIN, las borneras ubicadas en la puerta fueron colocadas de una forma poco adecuada y las señalizaciones fueron escritas con plumón sobre el metal. En general las conexiones, cableados y acabados del módulo no eran buenos ni cumplían con las normas vigentes.

Al no contar con un manual de usuario adecuado, hace aproximadamente 6 años que el módulo quedó inoperativo por un mal uso de éste. Muchos componentes de las tarjetas faltaban como por ejemplo el PIC que controlaba todo el módulo.

Las tarjetas que se desarrollaron para hacer las funciones de puentes H también sufrieron la pérdida de varias de sus piezas.

Se tenía también una tarjeta de adquisición de datos que no fue encontrada en el momento de la inspección inicial.

El material del cual estaba fabricado (fierro negro) no permitía la movilidad del módulo y hacía que la estructura tuviera mucho peso a pesar de ser sólo una faja.

La faja transportadora estaba construida con un jebe negro grueso que presentaba grietas por el desgaste del tiempo.

Tomando en cuenta todas las cosas mencionadas previamente, se pudo comprobar la falta de un módulo adecuado para que los estudiantes pongan en práctica sus conocimientos adquiridos durante las clases teóricas de los cursos relacionados a la Neumática. La falta de funcionalidad de este módulo ha causado una desventaja en los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica pues sólo se pudo practicar los conocimientos neumáticos con simuladores que pueden o no ajustarse totalmente a la realidad de un sistema y en la vida laboral puede afectar el desempeño de nosotros como profesionales.



Figura 30. Polines y faja de planta de módulo antiguo
Fuente: Elaboración propia



Figura 31. Compresor de aire y motor de vacío del módulo antiguo
Fuente: Elaboración propia



Figura 32. Vista frontal módulo antiguo
Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Alternativa de solución 1

La primera alternativa que se consideró fue la reparación del módulo con el que contaba la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica e implementar alguna mejora adicional de manera que se pudieran aprovechar todos los elementos y la estructura.

Analizando las dimensiones del módulo y el material del que estaba hecho se pudo identificar que no eran los mejores o los más adecuados para este tipo de aplicación; primero porque el fierro negro es muy pesado y segundo porque los componentes estaban soldados a la estructura lo que dificultaba cualquier tipo de mejora que se quisiera hacer, además de usar una tecnología considerada ya antigua.

En cuanto a la faja, se planteó un desmontaje de esta para realizar un análisis de su condición actual y en base a este resultado decidir si darle un mantenimiento o si reemplazarla.

Se planteó el cambio y actualización de las tarjetas controladoras del módulo. Se podrían actualizar las normas y volver a construir las tarjetas perdidas usando los planos anexados a la tesis del módulo original.

De igual manera el tablero y la distribución eléctrica no cumplían con las normas y estándares nacionales e internacionales.

3.3.2. Alternativa de solución 2

La segunda alternativa que se planteó fue modificar la planta casi en su totalidad, con la finalidad de hacerla más funcional y permitir la práctica con autómatas programables en lugar de emplear la tarjeta de adquisición de datos y el PIC.

La modificación implicará que se fabrique una nueva estructura, la funcionalidad será actualizada y nuevos componentes serán fabricados en función a las nuevas especificaciones.

Los elementos que se mantendrían en el nuevo módulo serían el compresor, las electroválvulas, los pistones y el motor. Con esto lograríamos aprovechar los elementos que en este momento se encuentran en desuso.

Se considera que el rediseño tendría que contemplar que el módulo sea fabricado de un nuevo material mucho más ligero que el fierro negro debido a que si

implementamos una segunda faja bajo estas condiciones, el peso total del módulo se incrementaría sustancialmente evitando así que cumplamos con las especificaciones técnicas planteadas.

El rediseño también implicará el cambio de la faja y la fabricación de nuevos polines pues los encontrados en el módulo se encuentran desgastados y el jebe que componía la faja transportadora se encontró reseco y cuarteado en algunas partes. El tablero también deberá ser reemplazado en su totalidad para cumplir las normas eléctricas actuales.

3.4. Selección de la alternativa

Finalmente se optó por la alternativa 2 debido a que:

- Al tener un módulo neumático funcional los alumnos tendrán la oportunidad de ver el funcionamiento real de elementos neumáticos muy usados en la industria actual tales como fajas transportadoras, sensores, cilindros neumáticos, motores, entre otros.
- La implementación del módulo permitirá a los alumnos practicar sus habilidades con los autómatas programables y realizar diferentes combinaciones con las cuales podrán afianzar sus conocimientos. Además, que se podrá realizar la programación empleando cualquiera de los autómatas programables con los que cuenta la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.
- El tener el módulo implementado físicamente permite a los alumnos estar en contacto con los componentes, lo cual los ayudará a identificar sus diferentes partes, identificar si están o no operativos, si hay fugas en el sistema, entre muchas otras cosas que pueden aprovechar con un módulo versátil como el que se presenta.
- El módulo neumático de control secuencial les permitirá también a los docentes tanto de Neumática como de programación en PLC poder diversificar sus horas de laboratorio y sus guías de prácticas para lograr un afianzamiento de los conocimientos en sus estudiantes y asegurar de esta forma que se cumplan los objetivos de los cursos referidos.
- El módulo neumático en mención ha sido diseñado para ser completamente versátil y poder ser modificado con el tiempo en función a los nuevos requerimientos o ideas de los estudiantes. Tal es el caso que las fajas pueden ser

desmontadas al igual que los motores, todos los sensores, cilindros, electroválvulas, etc.

- Se seleccionó esta segunda opción pues al rediseñar el sistema, pudimos implementar más sensores, una faja adicional y permitir la conexión a cualquier autómatas programable. Todo esto resulta en una gran mejora del módulo anterior pues permite ahora controlar más variables y realizar una mayor cantidad de combinaciones.
- El nuevo módulo cumpliría con las normas y estándares nacionales e internacionales.

3.5. Diseño del módulo educativo.

Entre los elementos a usar en el diseño e implementación del módulo educativo de control secuencial se han considerado los siguientes:

3.5.1. Carrito transportador

El carrito transportador que sostendrá la estructura del módulo además de los tableros y el compresor de aire consiste en una mesa de metal hecha a medida bajo las siguientes especificaciones:

- Largo: 121 centímetros
- Ancho: 81.5 centímetros
- Alto: 97 centímetros

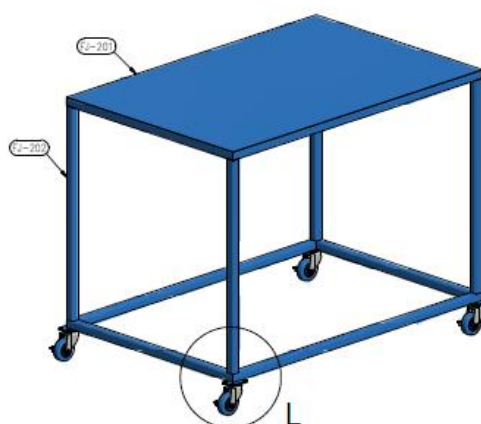


Figura 33. Carrito transportador del módulo
Fuente: Elaboración propia

El carrito cuenta con 4 ruedas para su fácil movilización, las rueditas pueden ser aseguradas mediante una pequeña leva que se encuentra adosada a las mismas.

Con esto cumplimos con proporcionar un módulo liviano y fácil de transportar dentro de las instalaciones universitarias, además de brindar la seguridad que una vez en posición, al bloquear las ruedas, el carrito no se rodará y permanecerá en su sitio.

3.5.2. Tablero de conexiones

Para poder lograr una correcta conexión entre el autómata programable y el módulo educativo, se ha adosado al lado inferior izquierdo del carrito un tablero de PVC exclusivo para las conexiones mediante cables banano-banano (dichos cables serán suministrados por los tesistas y serán entregados a los usuarios en una caja etiquetada apropiadamente).

Este pequeño tablero cumple con la norma IEC 61439-1 en cuanto a las conexiones de borneras y los cableados realizados internamente cumplen con las regulaciones del tipo de cable.

Se han considerado espacios de salidas de reserva por si se planteara a futuro alguna expansión.

El tablero tiene las siguientes características:

- Alto: 30 centímetros
- Ancho: 20 centímetros
- Profundidad: 13 centímetros

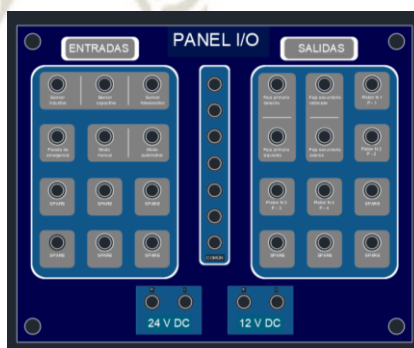


Figura 34. Plano de distribución del panel I/O
Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Tablero de indicadores luminosos

Para que los usuarios puedan identificar los elementos que están siendo usados/activados durante una secuencia de programación, se ha diseñado un panel que cuenta con indicadores luminosos conectados a los componentes del módulo (motores de fajas, sensores y pistones).

Se puede apreciar que el diseño contempla una ampliación o modificación del módulo pues hemos colocado indicadores y flechas de sentido de giro de los motores en el caso de ambas fajas. Nuestra aplicación actual no contempla el control de sentido de giro o control de velocidad de ninguna de las dos fajas.

Este tablero también cumple con la norma IEC 61439-1 en cuanto a los cableados internos, además de cumplir con la norma UNE-EN 60073 en cuanto a las regulaciones de color de los de los dispositivos luminosos ubicados en dicho tablero.

Las dimensiones de este tablero son:

- Alto: 30 centímetros
- Ancho: 20 centímetros
- Profundidad: 13 centímetros

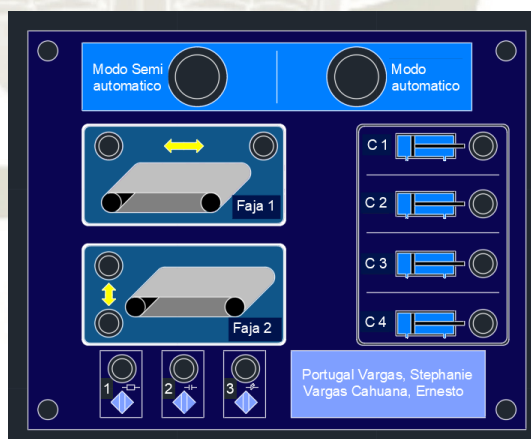


Figura 35. Plano de distribución de panel de visualización
Fuente: Elaboración propia

3.5.4. Tablero Eléctrico

El tablero eléctrico que está hecho de metal cumple con la norma IEC 60529, también cumple con la norma actual que asegurarán su correcta distribución y

un cableado correcto (norma IEC 61439-1). Cumple también con las normas UNE-EN 60073² y UNE-EN 60204-1³. La protección IP es de grado 65.

Las dimensiones del tablero son:

- Alto: 60 centímetros
- Ancho: 39.5 centímetros
- Profundidad: 21 centímetros

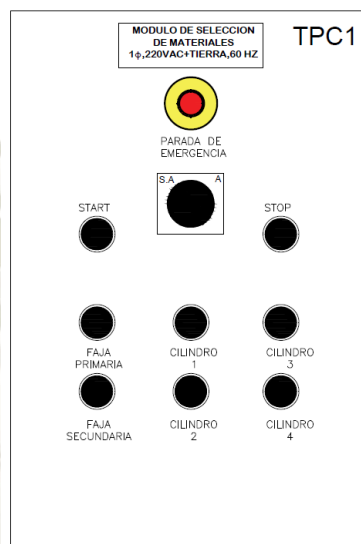


Figura 36. Plano de distribución de puerta de tablero eléctrico
Fuente: Elaboración propia

El tablero eléctrico se encuentra ubicado en la parte frontal del carrito, adosado a la parte inferior derecha de dicho elemento.

A continuación, se muestra un diagrama de bloques del funcionamiento del tablero.

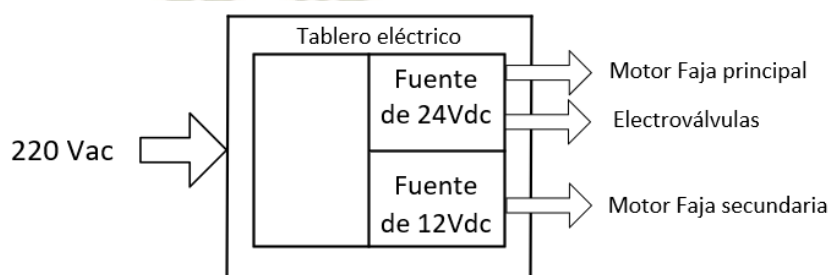


Figura 37. Diagrama de bloques de tablero eléctrico
Fuente: Elaboración propia

² Principios básicos de seguridad para interfaces hombre-máquina, el marcado y la identificación.

³ Seguridad en las máquinas. Equipo eléctrico en las máquinas. Parte 1: Requisitos generales

El tablero recibe una alimentación de 220 voltios, internamente cuenta con relés, borneras y dos fuentes de alimentación. En los siguientes apartados se detallarán los elementos que componen el tablero eléctrico.

3.5.4.1. Diseño del tablero de control

En cuanto al diseño del tablero de control se pueden encontrar los planos en el Anexo 17, se irán detallando los mismos en líneas siguientes. Cabe resaltar que todos los planos eléctricos cumplen con la simbología dictada por la norma IEC 1082-1.

En la figura 38 se puede apreciar la distribución interna del tablero. En la parte inferior se tienen 2 fuentes de alimentación, una de 24V y otra de 12V, identificadas en el esquema como PS1 y PS2 respectivamente. La fuente de 24V es alimentada por los 220 voltios que energizan el tablero. Una salida de esta fuente se conecta a la segunda que convierte el voltaje de 24 a 12 voltios.

El tablero cuenta con dos zonas de relés, la primera ubicada al lado de la llave termomagnética y la segunda ubicada en la parte inferior delante de las fuentes de alimentación.

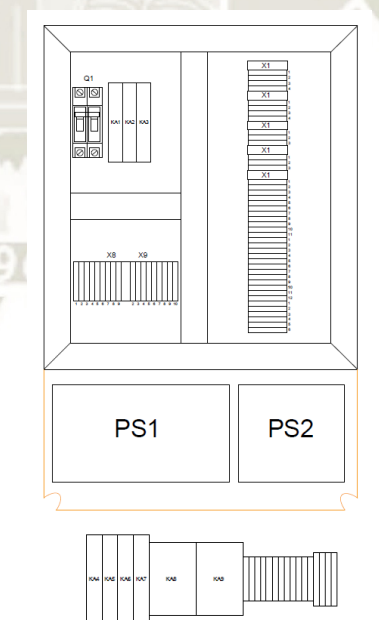


Figura 38. Diagrama de distribución interna del tablero principal
Fuente: Elaboración propia

Las borneras escogidas son del siguiente tipo:

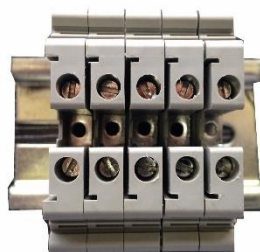


Figura 39. Borneras montadas en riel
Fuente: [52]

A pesar de que en la parte inferior del tablero se han acoplado las dos fuentes de alimentación, al ser pequeñas y al tomar en cuenta que el módulo no consumirá mucha energía, no se vio la necesidad de implementar ventilación forzada o adicional al tablero.

El tablero también cuenta con su cable de tierra correctamente señalado en su interior.

Como se puede observar en la figura 40, las salidas de las fuentes están conectadas a las borneras internas en los rieles DIN y desde ahí se tienen las conexiones para alimentar los sensores, electroválvulas y motores.

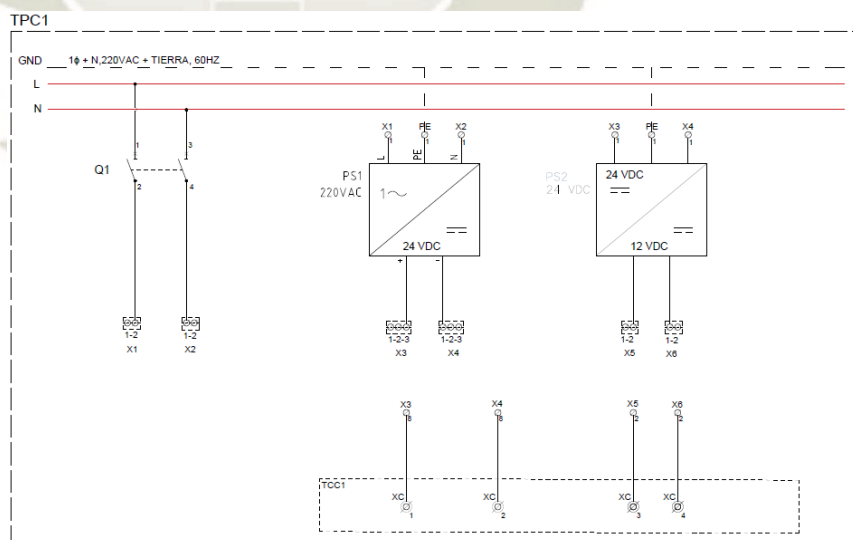


Figura 40. Plano de conexión de fuentes de alimentación 24 y 12 voltios
Fuente: Elaboración propia – Anexo 17 página 4

Adicionalmente se tienen dos pares de borneras en la parte inferior del panel I/O desde donde se puede alimentar externamente a cualquier elemento. Se consideraron dichas conexiones para poder brindar una fuente de alimentación externa para cualquier autómatas en caso no se tuviera un módulo que tenga las conexiones del autómatas ya hechas.

La ventaja de poseer dos fuentes de alimentación recae en que nuestro sistema posee cierto nivel de seguridad en cuanto al conexionado de las entradas y salidas del módulo, además de lo ya mencionado en el párrafo anterior.

En la figura 41 se pueden observar las conexiones de la parada de emergencia y el selector de dos posiciones (asignadas a los modos “automático” y “semi automático”). Cada uno de estos elementos cuenta con su propio relé (físicamente con su respectiva base y montado en el riel DIN) de marca Omron, todos tienen su nombre indicado en la parte superior del relé para hacer más fácil su identificación y para cumplir con la norma mencionada al inicio de este apartado.

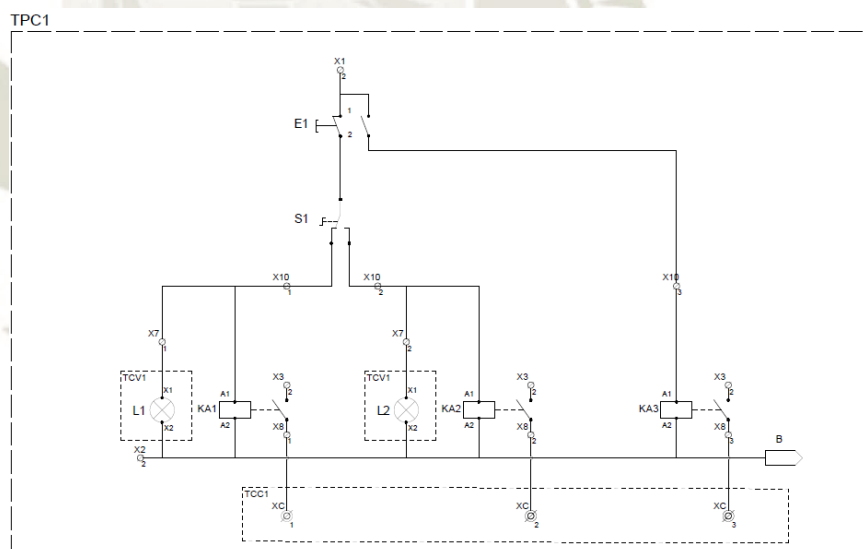


Figura 41. Plano de conexiones Selector y P.E.
Fuente: Elaboración propia – Anexo 17 página 5

En el plano se puede observar que cada uno de los modos mencionados tiene un indicador luminoso que se encuentra en el panel de visualización ubicado encima del carrito transportador al lado derecho.

El siguiente plano (figura 42) se muestra la continuación del plano anterior, aquí observamos también las conexiones de los relés y los indicadores luminosos correspondientes los pistones y las fajas transportadoras.

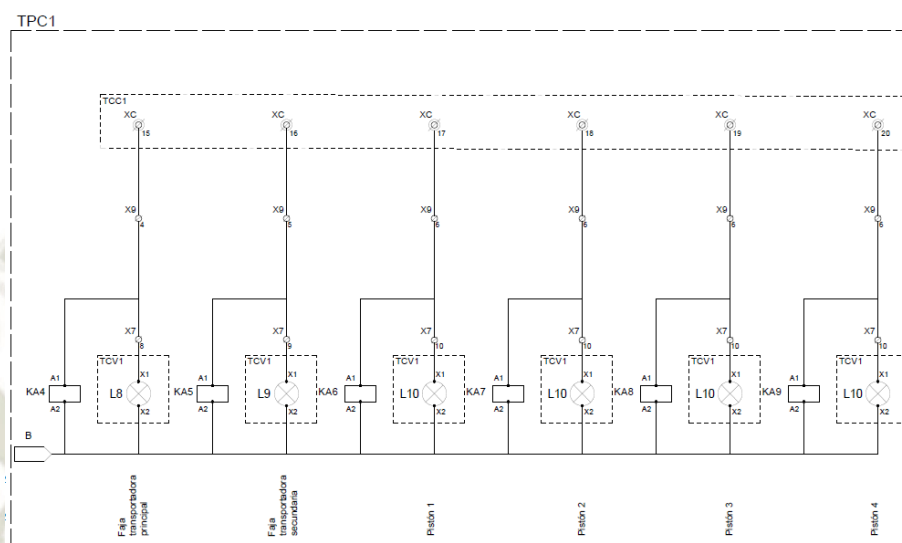


Figura 42. Plano de conexiones relés y luces piloto
Fuente: Elaboración propia – Anexo 17 página 8

A continuación, tenemos en la figura 43 el plano con el circuito de fuerza de los motores de ambas fajas transportadoras. Cada una de ellas cuenta con un relé marca Carlo Gavazzi cuyas especificaciones se encuentran en el siguiente apartado de selección de elementos de tablero. La faja principal que funciona a 24 voltios y la faja secundaria que funciona a 12 voltios.

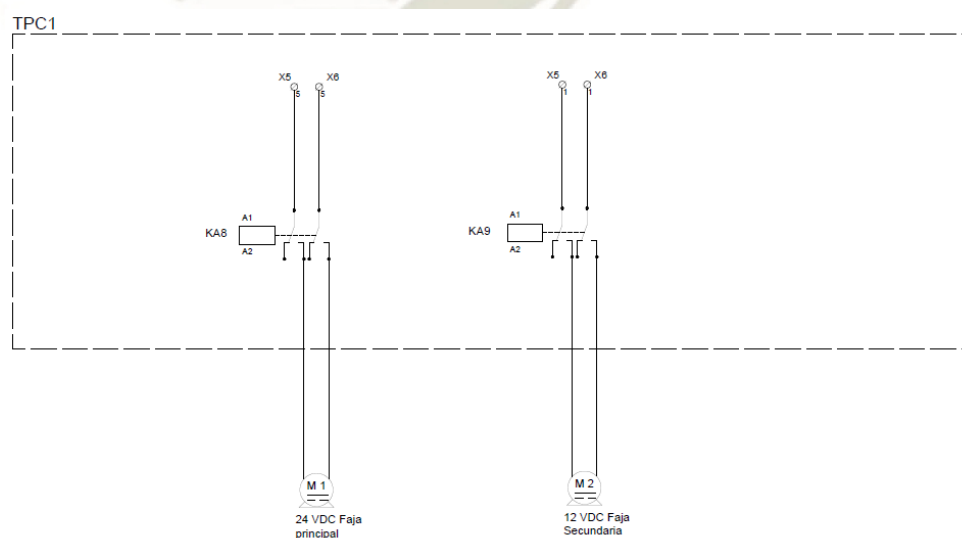


Figura 43. Circuito de fuerza de motores
Fuente: Elaboración propia – Anexo 17 página 9

En cuanto a los pulsadores que se encuentran en la parte externa del tablero, en la figura 44 podemos apreciar las conexiones de éstos.

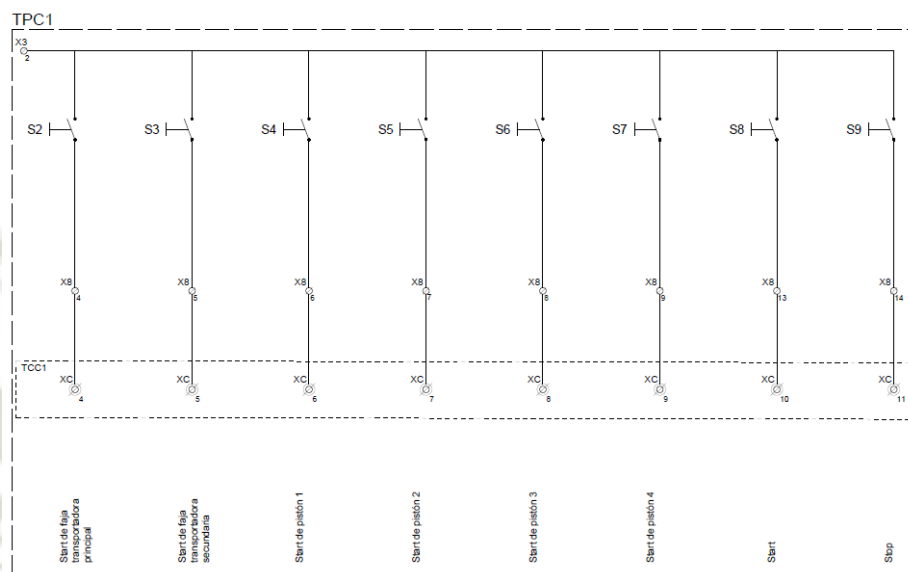


Figura 44. Circuito de mando – pulsadores
Fuente: Elaboración propia – Anexo 17 página 6

Las conexión de las electroválvulas se puede observar en la figura 45.

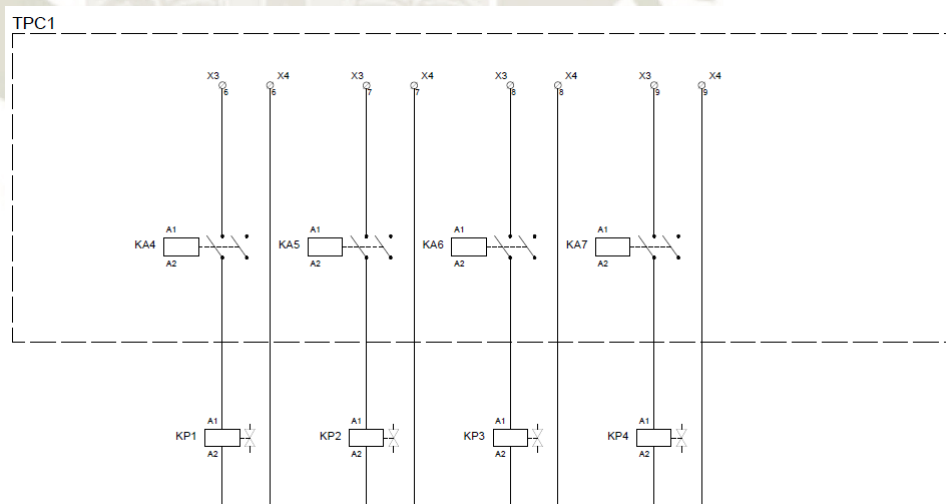


Figura 45. Plano de conexión de electroválvulas
Fuente: Elaboración propia – Anexo 17 página 10

Finalmente tenemos la conexión de los sensores óptico, inductivo y capacitivo. Cada sensor tiene una conexión de 3 hilos y están también conectados a un indicador luminoso en el panel de visualización.

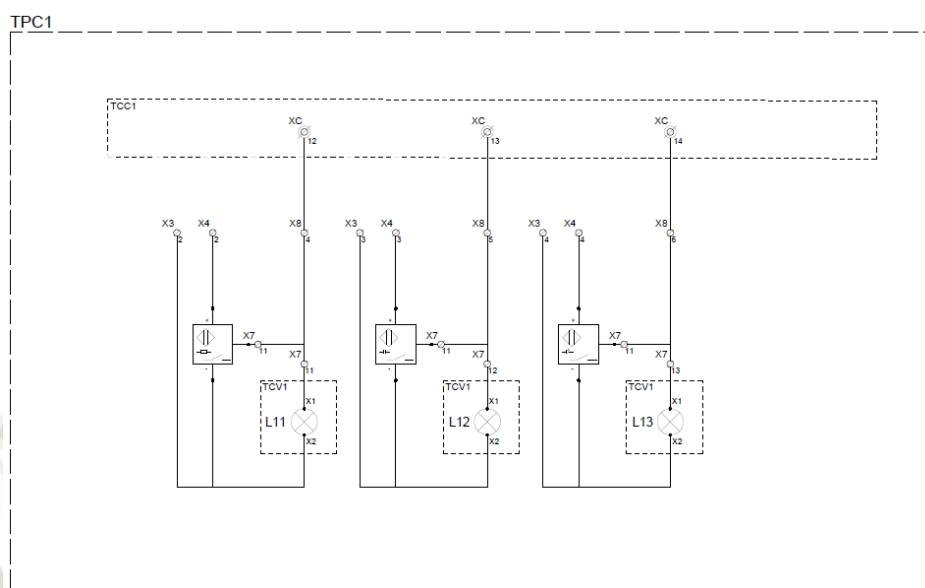


Figura 46. Plano de conexión de sensores
Fuente: Elaboración propia – Anexo 17 página 7

3.5.4.2. Selección de elementos de tablero

3.5.4.2.1. Parada de Emergencia

La parada de emergencia que seleccionamos para el tablero tiene el código NP8 de la marca Chint.

A continuación, se presentarán algunas de sus características, el datasheet completo se encuentra en el Anexo 10.

Tipo	Pulsador tipo hongo
Alimentación	220 V a 60 Hz
Grado de protección	IP65
Ciclo de vida	1x10 ⁵

Tabla 8. Características pulsador de parada de emergencia
Fuente: Elaboración propia



Figura 47. Parada de Emergencia
Fuente: [53]

3.5.4.2.2. Pulsadores

Se seleccionaron botoneras de la marca Chint con código NP2. Se mostrarán algunas características a continuación, el datasheet completo se encuentra en el Anexo 11.

Tipo	Pulsador
Alimentación	220 V a 60 Hz
Grado de protección	IP40

Tabla 9. Características de los pulsadores
Fuente: Elaboración propia



Figura 48. Pulsadores
Fuente: [54]

3.5.4.2.3. Llave termomagnética

Se seleccionó una llave termomagnética de marca Chint con código NB7, es una llave que soporta hasta 20 amperios y tiene una vida útil bastante buena. Considerando que el módulo será usado sobre todo en horas de laboratorio, la duración de este elemento garantiza que el módulo podrá soportar la protección de seguridad que el fabricante indica.

A continuación, la justificación de la elección del componente Hallaremos el Consumo total de Corriente Secundaria en base a la corriente de consumo del Tablero Principal:

- Corriente Secundaria = 6.876 Amp.
- Voltaje Secundario = 24 V
- Voltaje Primario = 220 V

Hallaremos la corriente principal; Donde:

$$I_{\text{principal}} = (V_{\text{Secundario}} \times I_{\text{Secundario}}) / V_{\text{principal}}$$

- $I_{\text{principal}} = 0.75 \text{ Amp.}$

El valor de Corriente Principal es menor que los 6000 Amp siendo el parámetro de seguridad, valor máximo que no se debe exceder como el fabricante indica en la recomendación.

El datasheet completo se encuentra en el Anexo 12 pero a continuación se mostrarán algunas características:

Tipo	Circuit Breaker
Código	NB7
Corriente máx.	20 A
Corriente corto-circuito	6000 A
Vida útil	Eléctrica: no menos de 4000 activaciones Mecánica: no menos de 10000 activaciones

Tabla 10. Características de la llave termomagnética
Fuente: Elaboración propia



Figura 49. Llave termomagnética
Fuente: [55]

3.5.4.2.4. Relé Carlo Gavazzi

Para el circuito de fuerza de los motores se están empleando relés de la marca Carlo Gavazzi que soportan hasta 10 A y tienen una buena vida útil. En la siguiente tabla se pueden observar algunas características de este elemento y su datasheet completo se encuentra en el Anexo 13.

Tipo	Relay
Voltaje de entrada	220 VAC
Corriente que soporta	10 A
Vida útil	Eléctrica: 1×10^6 ciclos Mecánica: 1×10^7 ciclos

Tabla 11. Características relé Carlo Gavazzi
Fuente: Elaboración propia



Figura 50. Relé Carlo Gavazzi
Fuente: [56]

3.5.4.2.5. Relé Omron

Para los otros elementos del tablero se han instalado relés de la marca Omron, estos relés soportan 5 amperios. Su vida útil es bastante buena y garantizará que el módulo funcionará durante largo tiempo.

Estos relés se están utilizando para los circuitos de fuerza de los pistones, la parada de emergencia y el selector de modo.

El datasheet completo se encuentra en el Anexo 14, a continuación, se muestran algunas de sus principales características.

Tipo	Relay
Voltaje de entrada	220 VAC
Corriente que soporta	5 A
Máxima frecuencia de operación	Eléctrica: 1800 operaciones/hora Mecánica: 18000 operaciones/hora

Tabla 12. Características relés Omron
Fuente: Elaboración propia



Figura 51. Relé Omron con base
Fuente: [57]

3.5.4.3. Cálculos de Consumo de potencia del tablero eléctrico

CUADRO DE CARGAS DE MODULO EDUCATIVO DE CONTROL NEUMÁTICO SECUENCIAL				
Descripción del Tag	Cantidad	Corriente (Amp)	Tensión (V)	Potencia Calculada (W)
Parada de Emergencia	1	0.02	220	4.40
Pulsadores	8	0.02	220	35.2
Relé Carlo Gavazzi	2	2.6	220	1144
Relé Omron	7	0.02	220	33.26
Leds Piloto CHINT NP2 Series	13	0.02	220	57.20
Sensor Inductivo	1	0.01	24	0.14
Sensor Capacitivo	1	0.01	24	0.24
Sensor Fotoeléctrico (Óptico)	1	0.10	24	2.40
Consumo total del tablero				1.3 KW

Tabla 13. Cálculos de potencia del Tablero Eléctrico
Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla podemos observar que se tiene un consumo total del tablero de 1.3 KW, este consumo sería el consumo máximo si es que todos los elementos se encontraran funcionando al mismo tiempo. Al tratarse este módulo de un control secuencial, no todos los elementos se activarán a la vez.

Obteniendo un consumo parcial, tenemos un valor que asciende a: 832 Watts. Este valor corresponde a los elementos accionados en el modo automático en total, siendo un módulo secuencial, para obtener un consumo real, habría que analizarlo por etapas.

3.5.4.4. Normas de Seguridad

Los tableros Luminosos, Entradas & Salidas y tablero Eléctrico están basada en normas nacionales e internacionales pertinentes, a continuación, el siguiente listado.

IEC 61349-1	Norma de cableado interno y conexión de borneras. Se aplica a todos los tableros de distribución de baja tensión menores de 1.000 V en CA y 1.500 V en CC.
IEC 60529	Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP).
IEC 60848	Norma que describe el Grafcet.
IEC 6063	Características mecánica aleación tratamiento del Aluminio.
IEC 1082-1	El estándar define simbología de gráficos para esquemas eléctricos aplica a los planos Eléctricos.
EN-60073	Tiene como aplicación general aumentar la seguridad en las personas mediante control luminoso, facilitará la correcta supervisión y reconocimiento rápido.

*Tabla 14. Tabla resumen de Normas de Seguridad
Fuente: Elaboración propia*

3.6. Diseño de la estructura

Para la estructura del módulo optamos por ya no usar fierro negro debido a su peso, se decidió entonces utilizar perfiles de aluminio que tienen más versatilidad de uso además de ser mucho más ligeros.



*Figura 52. Perfil de aluminio
Fuente: [58]*



Figura 53. Faja principal en proceso de montaje

Fuente: Elaboración propia



Figura 54. Faja secundaria vista interna (polines)

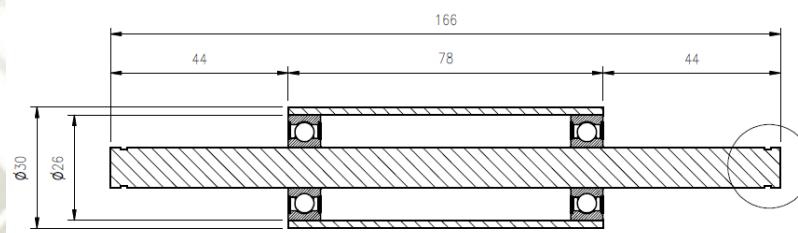
Fuente: Elaboración propia

El uso de los perfiles de aluminio nos permitió también poder diseñar unas fajas más ligeras que no necesitaran de un jebe tan grueso como el original por lo que el recorrido de las piezas por las fajas será más suave y los polines durarán más.

En cuanto a los polines, se han fabricado en total 26 polines que han sido distribuidos entre las dos fajas, a continuación, se verá un desglose más detallado de éstos:

- Polines principales – Faja principal (A)

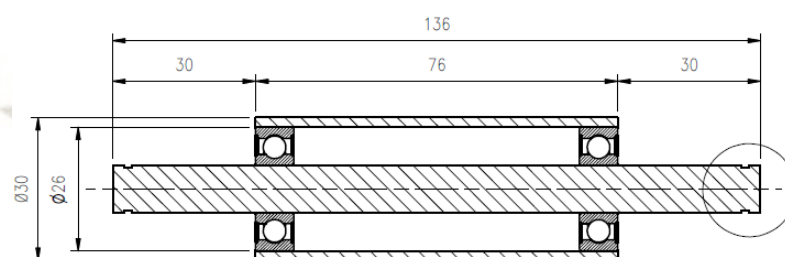
Estos polines se ubican a los extremos de la faja principal. Cantidad 02.



*Figura 55. Dimensiones polines principales de faja principal
Fuente: Elaboración propia*

- Polines intermedios para ambas fajas (B)

A lo largo del recorrido de ambas fajas se tienen estos polines, 13 de ellos en la faja principal y 6 de ellos en la faja secundaria. Cantidad 19.



*Figura 56. Dimensiones polines intermedios
Fuente: Elaboración propia*

- Polines (Cantidad 3) (C)

Dos de estos polines se ubican en la faja principal por la parte inferior, son los polines que ayudan a tensar la faja. El tercero de estos es uno de los polines principales de la faja secundaria.

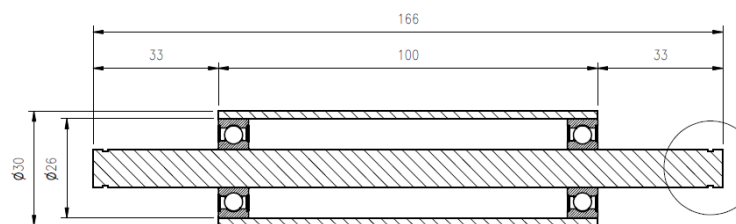


Figura 57. Dimensiones polines

Fuente: Elaboración propia

- Polines de nylon (Cantidad 2) (D)

Estos polines de nylon se encuentran uno en la faja principal (a la altura del motor) y el otro se ubica en un extremo de la faja secundaria (también a la altura del motor).

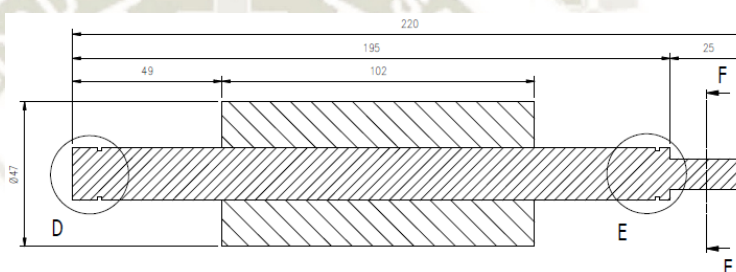


Figura 58. Dimensiones polines de nylon

Fuente: Elaboración propia

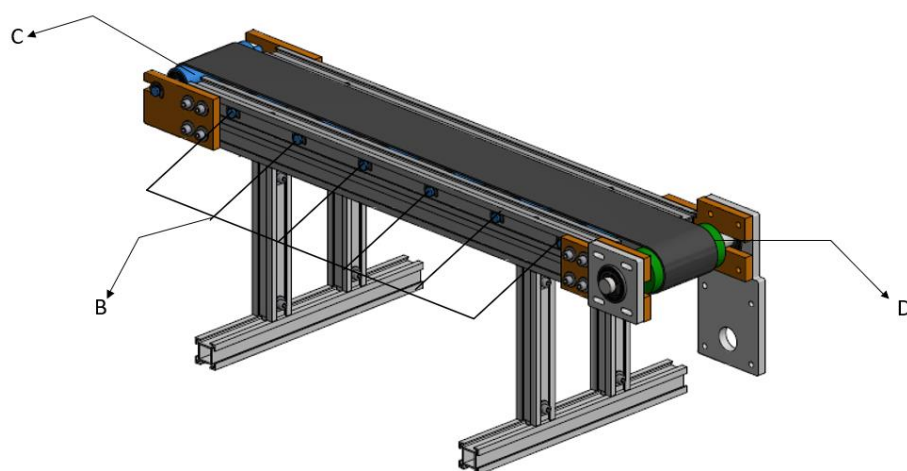


Figura 59. Ubicación de polines faja secundaria

Fuente: Elaboración propia

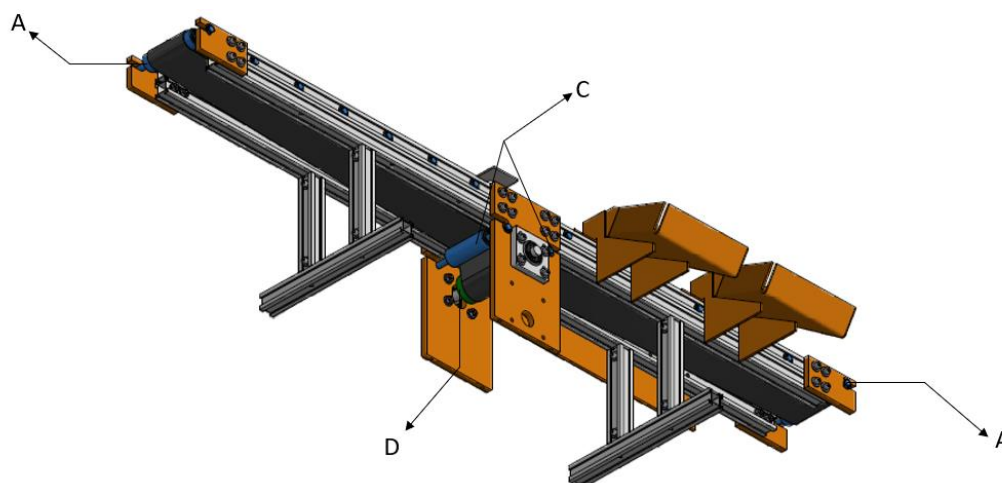


Figura 60. Ubicación de polines faja primaria
Fuente: Elaboración propia

3.6.1. Faja Principal

El módulo educativo de Control Neumático Secuencial posee una faja principal que cumple con las especificaciones técnicas indicadas al inicio del capítulo. Se detallan a continuación:

Ancho	8 centímetros
Largo	100 centímetros
Material	PVC color negro con empalme vulcanizado en caliente
Chutes	1 chute de conexión y 3 chutes de selección

Tabla 15. Especificaciones técnicas de la faja principal
Fuente: Elaboración propia

El objetivo de esta faja es transportar las piezas desde el alimentador hacia los chutes correspondientes para cada uno de los materiales de las piezas, esta selección de chutes es libre al criterio del usuario pues depende íntegramente de la programación en el autómata. A lo largo de esta faja se pueden identificar 4 chutes. Además de los chutes, a la faja principal están acoplados los sensores, los pistones y el alimentador de piezas.

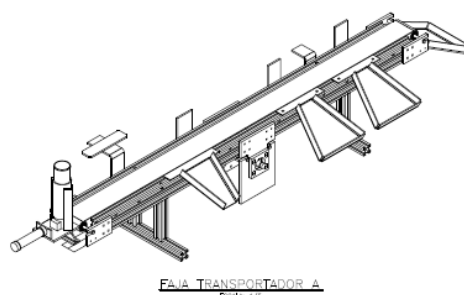
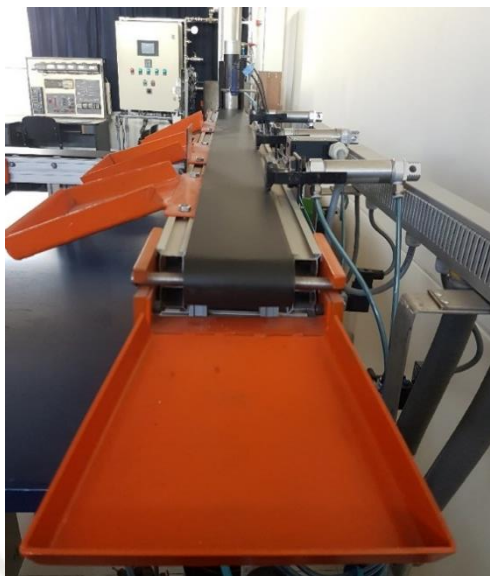


Figura 61. Faja principal vista lateral
Fuente: Elaboración propia

3.6.1.1. Motor de faja principal

Al estar esta tesis basada en un proyecto anterior que databa del año 2009, se han recuperado varias piezas ya antes mencionadas (electroválvulas, cilindros, etc.) y dentro de estas también pudimos recuperar el motor que usaron originalmente.

Se hicieron pruebas con el motor y se le hizo el mantenimiento respectivo, al no ser necesaria mayor intervención, el motor conserva sus características originales las cuales se detallan a continuación:

Voltaje de alimentación	24 V
Corriente	5 A
Velocidad del motor	150 rpm
Relación de engranajes	1:24
Torque	43 Kg-cm

Tabla 16. Características motor de faja principal
Fuente: Elaboración propia



Figura 62. Motor faja principal
Fuente: [59]

El código del motor es TD3120G-24F-9K24F de la marca Tokushu Denso, es un motor de engranajes de imán permanente. Se alimenta con 24 voltios y posee bastante torque, por lo que es más que suficiente para hacer funcionar la faja principal cuyas especificaciones se encuentran en apartados anteriores. El motor trabaja a 150 rpm que son reducidas mediante los engranajes acoplados para poder fijar la velocidad de la faja a una velocidad intermedia. El cálculo de esta nueva velocidad se muestra en el apartado siguiente.

3.6.1.1.1. Cálculo de velocidad del motor de faja principal

Tenemos que este motor Tokushu Denso tiene una velocidad nominal de 150rpm con un engranaje de 72 mm, para lograr una velocidad reducida y a la vez constante, se fabricó un nuevo engranaje cuyo diámetro es de 109mm y cuenta con 70 dientes. A continuación, se mostrará el cálculo realizado para hallar la nueva velocidad.

$$d_1 * w_1 = d_2 * w_2$$

$$w_2 = \frac{d_1 * w_1}{d_2}$$

Donde:

- d_1 corresponde al diámetro del eje del motor
- w_1 corresponde a la velocidad nominal del motor
- d_2 corresponde al diámetro del engranaje fabricado
- w_2 corresponde a la velocidad actual del motor

Reemplazando en la fórmula obtenemos lo siguiente:

$$w_2 = \frac{72 \text{ mm} * 150 \text{ rpm}}{109 \text{ mm}}$$

$$w_2 = 99.083 \text{ rpm}$$

Con este nuevo engranaje y habiendo realizado el cálculo podemos entonces afirmar que la velocidad de la faja principal cumple con la especificación brindada (la velocidad no puede exceder las 100 rpm).

3.6.1.1.2. Cálculo de potencia del motor de faja principal

Para poder calcular este valor fue necesario tomar medidas con una pinza amperimétrica de forma que pudiéramos encender la faja y medir el amperaje del motor.

Se hicieron dos medidas, una con el motor funcionando sin carga y otra forzando su funcionamiento. Se obtuvieron los siguientes datos:

Motor sin carga	2.3 Amperios
Motor forzado	2.6 Amperios
Consumo de corriente promedio	2.45 Amperios
Voltaje de funcionamiento	24 Voltios

Tabla 17. Mediciones de corriente - Motor de faja principal
Fuente: Elaboración propia

Sabemos que la fórmula de la potencia es la siguiente:

$$P \text{ (Watts)} = V(\text{voltios}) * I \text{ (amperios)}$$

Reemplazando:

$$P = 24 * 2.45$$

$$P = 58.8 \text{ Watts}$$

3.6.2. Faja Secundaria:

La faja secundaria tiene una extensión de 0,5 metros por 8 centímetros de ancho. Esta faja sólo cuenta con un chute de descarga al final.

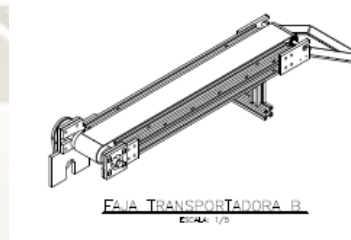


Figura 63. Faja secundaria vista frontal
Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1. Motor de faja secundaria

Para la faja secundaria se seleccionó un motor más pequeño, pero con bastante torque. Se pudo conseguir un motor de limpiaparabrisas que posee las siguientes características:

Tensión de		DC 12 V	
No de velocidad de carga	De alta velocidad	55 ± 5 rpm	
	Baja velocidad	40 ± 5 rpm	
-Corriente de carga	De alta velocidad	1.0A.	
	Baja velocidad	1.5A.	
De freno	Par de parada	30N m.	
	Actual	13A.	
El aumento de la temperatura		-40 °C ~ + 65°C	

Tabla 18. Características motor de faja secundaria
Fuente: [60]



Figura 64. Motor de faja secundaria
Fuente: [61]

El motor con el que trabajamos en este proyecto está alimentado con 12 voltios, como los limpiaparabrisas necesitan un gran torque para poder mover las plumillas de los automóviles, no ha sido necesario hacer ningún arreglo con el motor para asegurar que pueda mover la faja secundaria.

Al ser la faja secundaria mucho más corta que la principal y funcionar con menor frecuencia, el motor escogido cumple con nuestros requerimientos en cuanto a torque. Para cumplir con la especificación referente a la velocidad, se fabricó un nuevo engranaje. Los cálculos se muestran a continuación.

3.6.2.1.1. Cálculo de velocidad del motor de faja secundaria

Tenemos como dato que este motor de limpiaparabrisas tiene una velocidad nominal de 90rpm con un primer engranaje de 36mm de diámetro, para lograr una velocidad reducida y a la vez constante, se fabricó un nuevo engranaje de 57 mm de diámetro. A continuación, se mostrará el cálculo realizado para hallar la nueva velocidad.

Empleando la fórmula antes vista, reemplazamos los datos y obtenemos lo siguiente:

$$w_2 = \frac{d_1 * w_1}{d_2}$$

$$w_2 = \frac{36 \text{ mm} * 90 \text{ rpm}}{57 \text{ mm}}$$

$$w_2 = 56.842 \text{ rpm}$$

Con este cálculo comprobamos que cumplimos lo que establecimos en nuestras especificaciones técnicas, la velocidad no supera las 60rpm.

3.6.2.1.2. Cálculo de potencia del motor de faja secundaria

Para poder calcular este valor se realizó un procedimiento análogo al cálculo de la potencia del motor de la faja principal. Los datos obtenidos con la pinza amperimétrica fueron los siguientes:

Motor sin carga	1.9 Amperios
Motor forzado	2 Amperios
Consumo de corriente promedio	1.95 Amperios
Voltaje de funcionamiento	12 Voltios

Tabla 19. Mediciones de corriente - Motor de faja secundaria
Fuente: Elaboración propia

Reemplazando en la fórmula antes empleada tenemos:

$$P = 12 * 1.95$$

$$P = 23.4 \text{ Watts}$$

3.7. Selección de elementos del módulo educativo.

3.7.1. Selección de cilindros



Figura 65. Cilindro de doble efecto
Fuente: [62]

Para el construir el módulo antes mencionado necesitaremos 4 cilindros neumáticos de doble efecto. Tres (03) de ellos fueron recuperados de la tesis anterior y se puede observar su datasheet en el Anexo 3, son de marca NORGREN.

Para el alimentador se necesitó de un cilindro adicional de características similares a los 3 cilindros recuperados. Su datasheet puede verse en el Anexo 4, este nuevo cilindro es de marca AIRTAC.

Algunas características de los cilindros se aprecian en la tabla 7:

	NORGREN	AIRTAC
Tipo	Cilindro doble efecto	Cilindro doble efecto
Presión de trabajo	De 1 a 10 bar	De 1 a 10 bar

Tabla 20. Características de cilindros neumáticos

Fuente: Elaboración propia

El módulo trabaja con una presión de 6 bar. Esto se debe a que como no todos los cilindros trabajan a la vez no se requiere una mayor presión de trabajo. Con esto cumplimos la especificación técnica de presión de trabajo.

Para la selección de los cilindros y determinar la fuerza en Newtons, tomaremos los siguientes datos del datasheet:

Cilindro Norgren:

Diámetro del émbolo	25 mm (D)
Diámetro del vástago	10 mm (d)
Carrera	40 mm (L)
Presión de aire a la que trabaja	6 bar (P)

Tabla 21. Características de cilindros Norgren

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la fuerza de empuje del cilindro emplearán las siguientes fórmulas:

$$F_{ideal\ avance} = \eta * P * \frac{\pi * D^2}{4} \quad (1)$$

$$F_{ideal\ retroceso} = \eta * P * \frac{\pi * (D-d)^2}{4} \quad (2)$$

Donde η es el rendimiento expresado en porcentaje, los diámetros y longitudes se expresarán en metros. Para los siguientes cálculos se considerará el rendimiento ideal $\eta = 1$.

$$F_{ideal\ avance} = 1 * (6 * 10^5) * \frac{\pi * (0.025)^2}{4}$$

$$F_{ideal\ avance} = (6 * 10^5) * \frac{\pi * (0.000625)}{4}$$

$$F_{ideal\ avance} = (6 * 10^5) * (49.1 * 10^{-5})$$

$$F_{ideal\ avance} = 294.52\ N$$

$$F_{ideal\ retroceso} = 1 * (6 * 10^5) * \frac{\pi * (0.025^2 - 0.01^2)}{4}$$

$$F_{ideal\ retroceso} = (6 * 10^5) * 41.23 * 10^{-5}$$

$$F_{ideal\ retroceso} = 247,4\ N$$

Podemos corroborar los resultados de fuerzas obtenidos con los datos que brinda el datasheet, de este mismo documento podemos extraer el valor de consumo de aire del cilindro que es de 0.035 l/cm.

Con este dato, podemos calcular que, dada la carrera del pistón, cada cilindro consumirá 0.14 l/cm.

Durante las pruebas en vacío se determinó que para que el vástago se extienda completamente, tenían que pasar aproximadamente 0.3 segundos. Pasaremos entonces el valor hallado a litros por minuto, con lo que obtenemos:

$$Consumo = \frac{60(s) * 0.14(l)}{0.3(s)}$$

$$Consumo = 28\ l/min$$

Para comprobar que el tanque de la compresora sea capaz de suministrar la cantidad de aire requerida por los pistones procedemos a hallar el volumen del tanque.

El tanque tiene un diámetro de 20 centímetros y una longitud de 50 centímetros.

Con una fórmula básica calcularemos el volumen:

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$V = \pi * 10^2 * 50$$

$$V = 15.7\ litros$$

Para calcular la producción de aire comprimido hemos tomado el tiempo que demora en cargar el compresor partiendo del tanque vacío hasta que llega a los 6 bares. El tiempo cronometrado fue de 3 minutos 37 segundos aproximadamente, lo convertimos a minutos y obtendremos 3.616 minutos.

Para calcular la producción de nuestro compresor multiplicaremos la capacidad del tanque con este tiempo obtenido.

$$\text{Prod. aire} = V * \text{tiempo de carga}$$

$$\text{Prod. aire} = 15.7 \text{ l} * 3.616 \text{ min}$$

$$\text{Prod. aire} = 56.77 \text{ litros/minuto}$$

Con este último cálculo podemos comprobar que la capacidad del tanque si puede abastecer los 28 l/min que necesitan los cilindros para funcionar normalmente.

Teniendo en cuenta que no todos los cilindros se activarán al mismo tiempo, la capacidad del tanque nos abastecerá correctamente, sin embargo, se espera que el compresor tenga que encenderse varias veces si es que se tiene el módulo funcionando durante mucho tiempo.

Cilindro Airtac: (Cantidad 01)

Diámetro del émbolo	25 mm (D)
Diámetro del vástago	10 mm (d)
Carrera	50 mm (L)
Presión de aire a la que trabaja	6 bar (P)

*Tabla 22. Características de cilindro Airtac
Fuente: Elaboración propia*

Al ser las características de este cilindro iguales a las de los cilindros Norgren antes calculados (a excepción de la carrera que es 10mm más larga), podremos comprobar que, mediante la aplicación de las fórmulas empleadas antes, obtendremos los mismos valores que para los cilindros Norgren.

$$F_{ideal\ avance} = 1 * (6 * 10^5) * \frac{\pi * (0.025)^2}{4}$$

$$F_{ideal\ avance} = (6 * 10^5) * \frac{\pi * (0.000625)}{4}$$

$$F_{ideal\ avance} = (6 * 10^5) * (49.1 * 10^{-5})$$

$$F_{ideal\ avance} = 294.52\ N$$

$$F_{ideal\ retroceso} = 1 * (6 * 10^5) * \frac{\pi * (0.025^2 - 0.01^2)}{4}$$

$$F_{ideal\ retroceso} = (6 * 10^5) * 41.23 * 10^{-5}$$

$$F_{ideal\ retroceso} = 247,4\ N$$

En el datasheet de este último cilindro no se cuenta con el dato del consumo de aire, sin embargo, se considerará el mismo valor que los cilindros Norgren por lo que el consumo de aire será igual.

$$Consumo = 28\ l/min$$

En la figura 66 se muestra la ubicación de los cilindros en el módulo junto con el nombre correspondiente pues en el tablero eléctrico se ha considerado dicho orden.

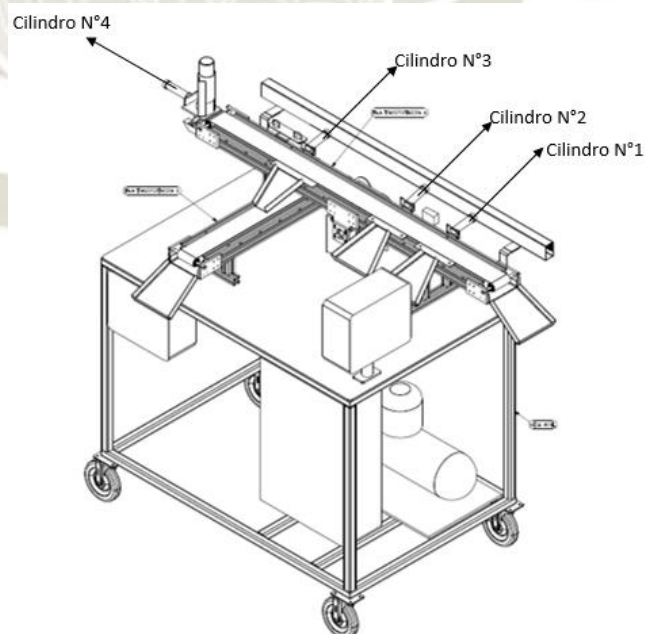


Figura 66. Ubicación de cilindros neumáticos en el módulo
Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Selección de electroválvulas



Figura 67. Electroválvula 2/5

Fuente: [63]

En este módulo neumático, usamos dos (02) electroválvulas recuperadas del módulo anterior cuyo datasheet se encuentra en el Anexo 5 de marca SMC serie VFS1000 y se consiguieron dos (02) electroválvulas más de marca Airtac cuyo datasheet se encuentra en el Anexo 6.

Las electroválvulas recuperadas cumplen con las siguientes características:

El modelo	4V210-08
Número de posiciones	2/5
Área de sección eficaz	16mm ² .
Conexión puerto	Salida de aire de admisión de aire ==G1/4"Escape=G1/8"
La presión de trabajo	0.15~0.8MPa
Resistencia a la presión máx.	1.2MPa
La temperatura de funcionamiento	5~50°C
El rango de tensión	±10%.
El consumo de energía	AC:4.5VA DC:3W
La acción de alta frecuencia	Ciclo de 20
El tiempo de respuesta	0,05 segundos

Tabla 23. Características de las electroválvulas Airtac

Fuente: [64]

Características estándar

Válvula	Fluido		Aire y gases inertes
	Presión máx. de trabajo:		1.0MPa
	Presión mín. de trabajo	2 posiciones	0.1MPa
		3 posiciones	0.15MPa
	Presión de prueba		1.5MPa
	Temperatura ambiente y de fluido		-10 a 60°C ⁽¹⁾
	Lubricación		No necesaria ⁽²⁾
	Accionamiento manual de la válvula piloto		Pulsador sin enclavamiento (rasante)
	Resistencia a impactos/vibraciones		150/50m/s ² ⁽³⁾
Electro-válvula	Protección		Resistente al polvo (nivel de protección 0) ⁽⁴⁾
	Tensión nominal		100V, 200V AC (50/60Hz), 24V DC
	Tensión permitida		-15% a +10% de tensión nominal
	Aislamiento de bobina		Clase B o equivalente ⁽⁵⁾
	Corriente aparente (Consumo de corriente)	AC	5.6VA (50Hz), 5.0VA (60Hz)
		Conexión Mantenida	3.4VA (2.1W)/50Hz, 2.3VA (1.5W)/60Hz
	Consumo de corriente DC		1.8W
	Entrada eléctrica		Conector DIN

Tabla 24. Características de electroválvulas SMF
Fuente: Datasheet electroválvula – Anexo 5

3.7.3. Selección de sensores

Para la fabricación de este módulo se han considerado tres tipos de sensores que serán detallados en los siguientes apartados.

La ubicación de los sensores es como sigue:

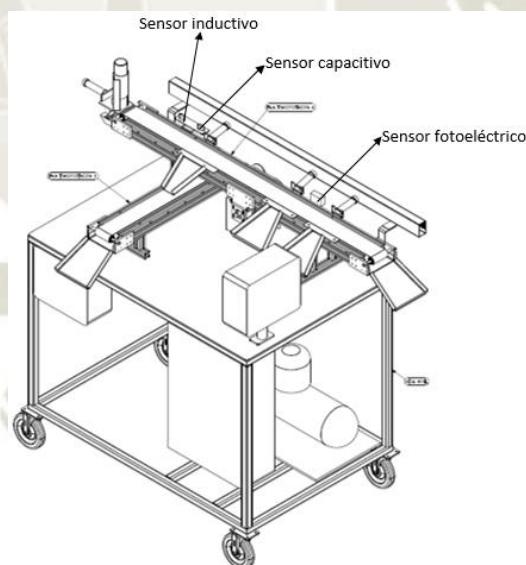


Figura 68. Ubicación de sensores en el módulo
Fuente: Elaboración propia

3.7.3.1. Sensor de Proximidad Inductivo



Figura 69. Sensor de proximidad inductivo

Fuente: [65]

Para las piezas de metal implementamos un sensor de proximidad inductivo de marca Hanyoung Nux con código de identificación UP12RD-4P, este sensor tiene las siguientes características:

Tipo de conexión	3 hilos
Distancia de sensado	4 mm
Alimentación	De 12 a 24 V
Tiempo de respuesta	400 Hz
Peso aproximado	130 gr
Consumo máximo de corriente	6 mA

Tabla 25. Características sensor de proximidad inductivo

Fuente: Elaboración propia

A continuación, la justificación de la elección del componente:

Según Datasheet el tiempo de respuesta es de 400 pulsos por segundo, dándonos un tiempo mínimo de 2.5ms.

Lo cual el contacto con el sensor debe tener la base plana de esta manera a la distancia de sensado recomendado por Datasheet 4mm es que detectaría los objetos metálicos.

Más información acerca de este sensor se puede encontrar en el Anexo 7 donde se encuentra el datasheet correspondiente.

3.7.3.2. Sensor de Proximidad Capacitivo



Figura 70. Sensor de proximidad capacitivo
Fuente: [66]

Escogimos un sensor de marca Hanyoung Nux con código de identificación CUP18RP-8PA que tiene las siguientes características:

Tipo de conexión	3 hilos
Distancia de sensado	8 mm
Alimentación	De 12 a 24 V
Tiempo de respuesta	100 Hz
Peso aproximado	100 gr
Consumo máximo de corriente	10 mA

Tabla 26. Características sensor de proximidad capacitivo
Fuente: Elaboración propia

El datasheet de dicho sensor se encuentra en el Anexo 8.

Considerando un tiempo de respuesta de 10ms y distancia de sensado de 8mm, motivo por el que la faja principal fue reducida su velocidad además de plantear a futuro la expansión de módulo educativo.

3.7.3.3. Sensor Fotoeléctrico



Figura 71. Sensor fotoeléctrico
Fuente:[67]

Finalmente empleamos un sensor fotoeléctrico de marca OMRON con código de identificación E3JM-R4M4-US. Este sensor tiene su propio reflector por lo que posee las siguientes características, su correspondiente datasheet se encuentra en el Anexo 9.

Distancia de sensado	4 m
Alimentación	De 24 a 240 V
Peso aproximado	160 gr
Consumo máximo de potencia	2 W
Ángulo direccional	1° a 5°

Tabla 27. Características sensor óptico
Fuente: Elaboración propia

A continuación, la justificación de la elección del componente:

Considerando la distancia de sensado de 4m y su ángulo direccional de hasta 5° tenemos que la línea emisora detectara aquel cilindro que cumpla con las características de diseño por lo menos de 5cm de altura en los objetos garantizará su reconocimiento para su debida elección.

3.7.4. Unidad de mantenimiento

Para conectar la salida del compresor con la válvula distribuidora se está utilizando la unidad de mantenimiento que se recuperó del módulo anterior de marca Camozzi y código MC104-D00. Las características principales se muestran en la siguiente tabla y el datasheet completo se encuentra en el Anexo 15.

Fluido	Aire
Montaje	Vertical en línea o en pared
Temperatura de operación	-5 a +50 °C a 10 bar
Porosidad del elemento filtrante	25um
Drenaje del condensado	Manual

Tabla 28. Características de la unidad de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia



Figura 72. Unidad de mantenimiento

Fuente: [68]

3.7.5. Tubería neumática

Para conectar los elementos neumáticos se ha empleado una tubería neumática de marca SMC, se muestran unas características en la siguiente tabla. El datasheet completo se encuentra en el Anexo 16.

Fluido	Aire
Presión máxima de operación a 20°C	0.6 MPa
Temperatura de operación	-20 a +60 °C
Material	Poliuretano

Tabla 29. Características de la tubería neumática

Fuente: Elaboración propia



Figura 73. Tubería neumática SMC
Fuente: [69]

3.7.6. Estructura general del módulo

Finalmente, al unir todos los elementos antes descritos obtenemos un módulo que cumple con las especificaciones planteadas al inicio de esta tesis.

Al usar un carrito transportador y tener montado sobre él la estructura hecha a base de perfiles de aluminio mediante pernos cumplimos con que el módulo sea versátil, liviano y de fácil movimiento dentro de las instalaciones.

Los planos eléctricos que se entregan cumplen todas las especificaciones de las normas que se han descrito anteriormente y se los puede ver en los Anexos antes descritos.

Los planos de estructura también van de acuerdo con la norma, poseen los dimensionamientos respectivos señalizados mediante cotas, pueden observarse en los Anexos respectivos.

Finalmente, habiendo montado todos los elementos en el carrito, tendremos las siguientes dimensiones:

- Largo desde pistón N°4 hasta chute de rechazo: 180 centímetros
- Ancho desde canaleta posterior hasta chute de faja 2: 100 centímetros
- Altura desde base de fajas hasta tope de alimentador: 41.5 centímetros

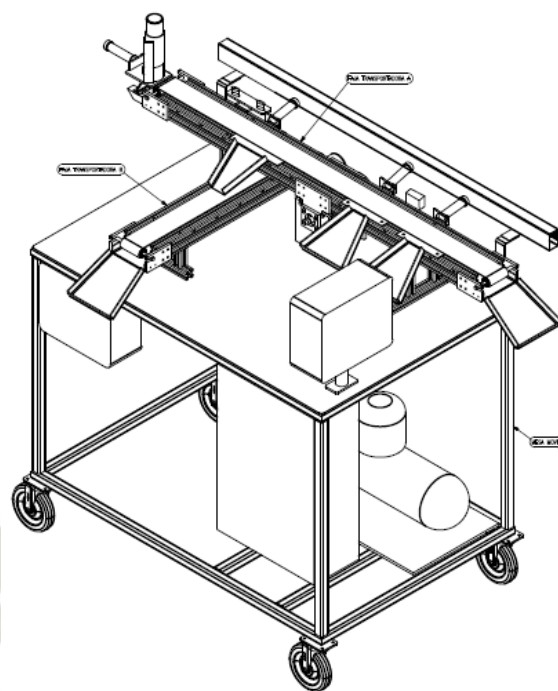


Figura 74. Plano – Módulo completo
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura podremos apreciar la distribución de todos los diferentes elementos mencionados en el desarrollo de este capítulo.

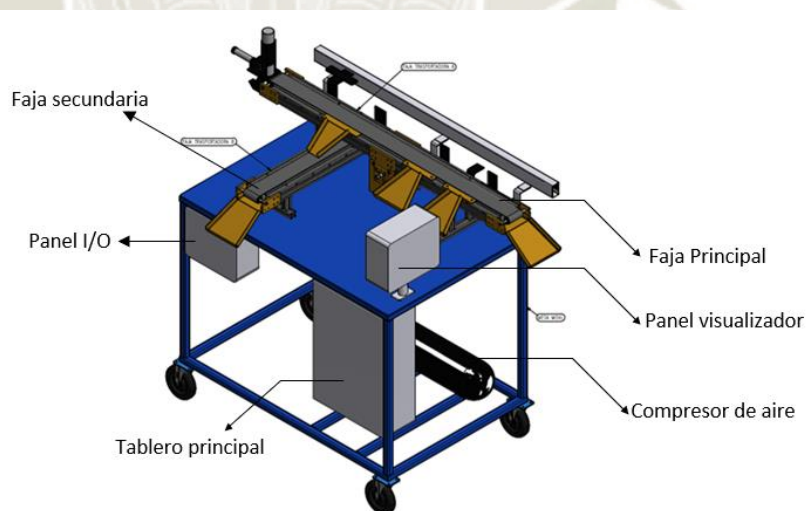


Figura 75. Ubicación de elementos del módulo
Fuente: Elaboración propia

3.7.7. Generación del aire comprimido

Para la generación del aire comprimido utilizamos la misma compresora del módulo original. Dicha compresora posee un tanque reciclado que era usado para recargas de freón en sistemas de refrigeración y posee un motor marca Embraco cuyas características se encuentran en el Anexo 18. El motor se encontró en buenas condiciones y no fue necesario más que un pequeño mantenimiento.

Al tanque no se le hizo ninguna modificación por lo que se mantienen las especificaciones siguientes:

Capacidad total del tanque	15 litros
Presión crítica	48.19 Bar
Presión de trabajo máximo para el módulo	13.79 Bar
Presión real para el funcionamiento del módulo	10.34 Bar

*Tabla 30. Especificaciones compresor de aire
Fuente: Elaboración propia*

La compresora posee también un switch de presión, el original fue reemplazado por una pieza nueva e idéntica dado que se presentaban fugas y el compresor no lograba levantar presión. Al ser idéntico a la pieza anterior, el switch tiene una presión máxima de 12.06 Bar por lo que el motor se apaga automáticamente al llegar a una presión determinada en el tanque dándonos así una medida de seguridad ante una sobrepresión.

La presión de trabajo del módulo ha sido limitada a los 6 bar, con lo que cumplimos con la especificación técnica planteada al inicio de este capítulo.

3.8. Programación de módulo educativo. (GRAFCET)

3.8.1. Tabla de asignación de entrada salida

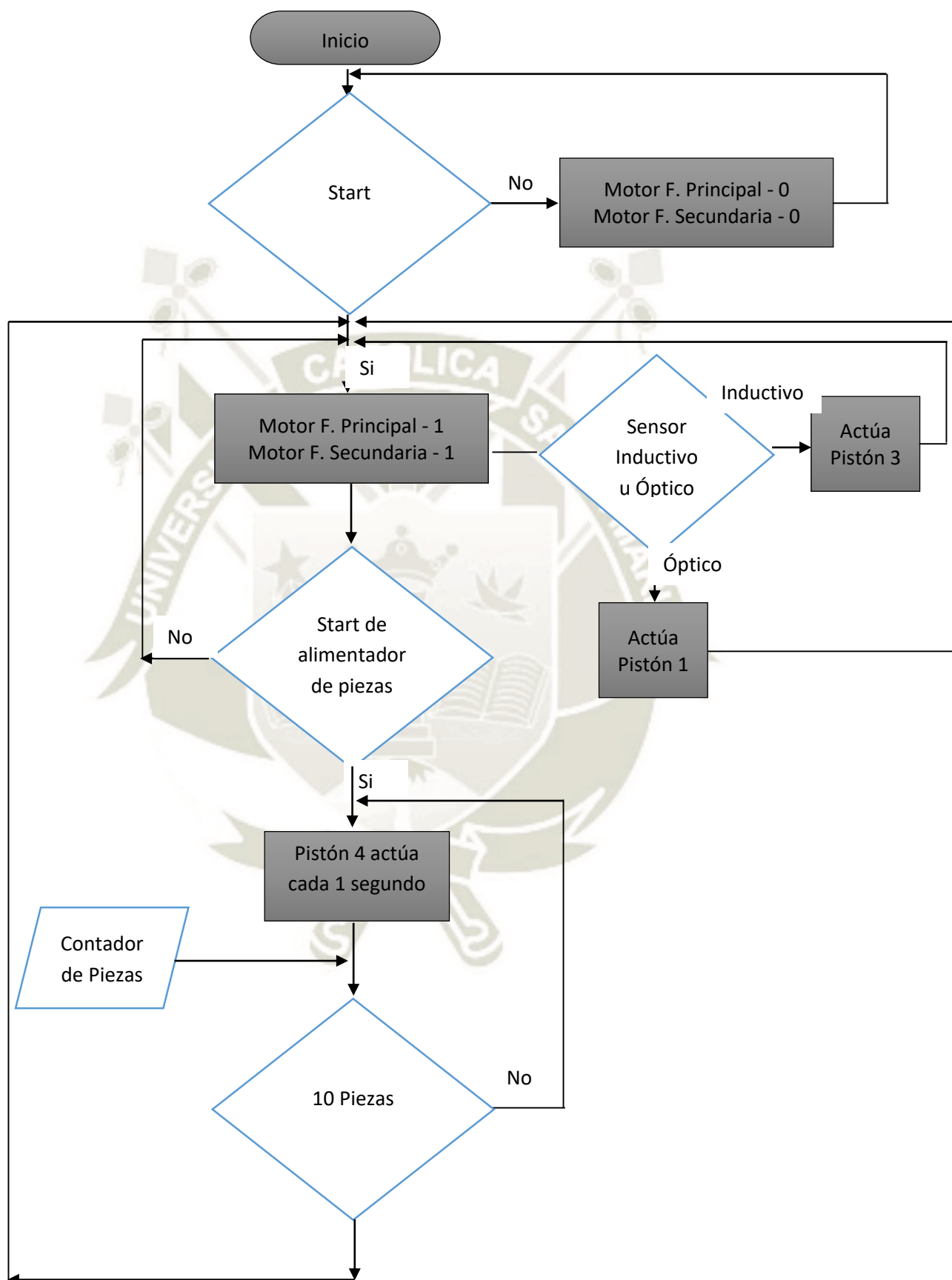
E/S/M	Dirección	Tag	Descripción	E/S/M	Dirección	Tag	Descripción
E	I:0/0	P. de emergencia	Hongo de P. de Em.	M	B3:9/4	EA 34	Estado autom. 34
E	I:0/1	Pulsador Stop	Puls. Stop tablero	M	B3:9/5	EA 35	Estado autom. 35
E	I:0/2	Manual	Selector tablero	M	B3:10/1	EA 31 T	E. A. transitorio 31
E	I:0/3	Automático	Selector tablero	M	B3:10/2	EA 32 T	E. A. transitorio 32
E	I:0/4	Sensor óptico	Sensor óptico	M	B3:10/3	EA 33 T	E. A. transitorio 33
E	I:0/5	Sensor inductivo	Sensor inductivo	M	B3:10/4	EA 34 T	E. A. transitorio 34
E	I:0/6	Start de fajas	Pulsador tablero	M	B3:10/5	EA 35 T	E. A. transitorio 35
E	I:0/7	Start pistón 1	Pulsador tablero	M	B3:11/0	EA 30 S	E. autom. 30 start
E	I:0/8	Start pistón 3	Pulsador tablero	M	B3:11/1	EA 31 S	E. autom. 31 start
E	I:0/9	Start pistón 4	Pulsador tablero	M	B3:11/2	EA 32 S	E. autom. 32 start
S	O:0/0	Faja 1	Salida faja 1	M	B3:11/3	EA 33 S	E. autom. 33 start
S	O:0/1	Faja 2	Salida faja 2	M	B3:11/4	EA 34 S	E. autom. 34 start
S	O:0/2	Pistón 1	Salida pistón 1	M	B3:11/5	EA 35 S	E. autom. 35 start
S	O:0/3	Pistón 3	Salida pistón 3	M	B3:12/0	EA 30 ST	E. autom. 30 stop
S	O:0/4	Pistón 4	Salida pistón 4	M	B3:12/1	EA 31 ST	E. autom. 31 stop
M	B3:0/0	Estado inicial	Estado inicial	M	B3:12/2	EA 32 ST	E. autom. 32 stop
M	B3:0/1	Estado de PE	Estado Parada Em.	M	B3:12/3	EA 33 ST	E. autom. 33 stop
M	B3:0/2	Start Scada	Botón Start Scada	M	B3:12/4	EA 34 ST	E. autom. 34 stop
M	B3:0/3	Stop Scada	Botón Stop Scada	M	B3:12/5	EA 35 ST	E. autom. 35 stop
M	B3:0/4	Barrido Scada	Barrido del Scada	M	B3:13/0	EA 40	Estado autom. 40
M	B3:0/5	Alimentar Scada	Alim. de piezas	M	B3:13/1	EA 41	Estado autom. 41
M	B3:0/6	Sist. automático	Bit Sist. Automático	M	B3:13/2	EA 42	Estado autom. 42
M	B3:0/7	Sistema manual	Bit Sist. Manual	M	B3:13/3	EA 43	Estado autom. 43
M	B3:0/8	Reset metálico	Reset cont. Scada	M	B3:13/4	EA 44	Estado autom. 44
M	B3:0/9	Reset no metálico	Reset cont. Scada	M	B3:15/0	EA 40 S	E. autom. 40 start
M	B3:0/10	S. inductivo flanco	Bit flanco de sensor	M	B3:15/2	EA 42 S	E. autom. 42 start
M	B3:0/11	S. óptico flanco	Bit flanco de sensor	M	B3:15/3	EA 43 S	E. autom. 43 start
M	B3:1/1	EA 1	Estado autom. 1	M	B3:16/0	EA 40 ST	E. autom. 40 stop
M	B3:1/2	EA 2	Estado autom. 2	M	B3:16/2	EA 42 ST	E. autom. 42 stop
M	B3:1/3	EA 3	Estado autom. 3	M	B3:16/3	EA 43 ST	E. autom. 43 stop
M	B3:1/4	EA 4	Estado autom. 4	M	B3:17/0	Faja autom. 1	Bit faja 1 autom.
M	B3:1/5	EA 5	Estado autom. 5	M	B3:17/1	Faja autom. 2	Bit faja 2 autom.
M	B3:2/4	EA 4 T	E. A. transitorio 4	M	B3:17/2	Pistón autom. 1	Bit pistón 3 autom.
M	B3:2/5	EA 5 T	E. A. transitorio 5	M	B3:17/3	Pistón autom. 3	Bit pistón 3 autom.
M	B3:3/2	EA 2 S	E. autom. 2 start	M	B3:17/4	Pistón autom. 4	Bit pistón 4 autom.
M	B3:3/3	EA 3 S	E. autom. 3 start	M	B3:17/5	ESP1	Estado espera 1
M	B3:4/2	EA 2 ST	E. autom. 2 stop	M	B3:17/6	ESP2	Estado espera 2
M	B3:4/3	EA 3 ST	E. autom. 3 stop	M	B3:17/7	ESP3	Estado espera 3
M	B3:5/0	EA 20	Estado autom. 20	M	B3:17/8	ESP4	Estado espera 4
M	B3:5/1	EA 21	Estado autom. 21	M	B3:17/9	ESP5	Estado espera 5
M	B3:5/2	EA 22	Estado autom. 22	M	B3:17/10	ESP11	Estado espera 11
M	B3:5/3	EA 23	Estado autom. 23	M	B3:17/11	ESP12	Estado espera 12
M	B3:5/4	EA 24	Estado autom. 24	M	B3:17/12	ESP13	Estado espera 13
M	B3:5/5	EA 25	Estado autom. 25	M	B3:17/13	ESP14	Estado espera 14
M	B3:6/1	EA 21 T	E. A. transitorio 21	M	B3:17/14	ESP15	Estado espera 15
M	B3:6/2	EA 22 T	E. A. transitorio 22	M	B3:20/0	EM 0	Estado manual 0
M	B3:6/3	EA 23 T	E. A. transitorio 23	M	B3:20/1	EM 1	Estado manual 1
M	B3:6/4	EA 24 T	E. A. transitorio 24	M	B3:20/2	EM 2	Estado manual 2
M	B3:6/5	EA 25 T	E. A. transitorio 25	M	B3:20/3	EM 3	Estado manual 3
M	B3:7/0	EA 20 S	E. autom. 20 start	M	B3:20/10	EM 3 TI	E. M. 3 Timer induct
M	B3:7/1	EA 21 S	E. autom. 21 start	M	B3:20/11	EM 3 TO	E. M. 3 Timer óptico
M	B3:7/2	EA 22 S	E. autom. 22 start	M	B3:21/1	EM 21	Estado manual 21
M	B3:7/3	EA 23 S	E. autom. 23 start	M	B3:21/2	EM 22	Estado manual 22
M	B3:7/4	EA 24 S	E. autom. 24 start	M	B3:21/3	EM 23	Estado manual 23
M	B3:7/5	EA 25 S	E. autom. 25 start	M	B3:21/4	EM 24	Estado manual 24
M	B3:8/0	EA 20 ST	E. autom. 20 stop	M	B3:21/5	EM 25	Estado manual 25
M	B3:8/1	EA 21 ST	E. autom. 21 stop	M	B3:21/6	EM 26	Estado manual 26
M	B3:8/2	EA 22 ST	E. autom. 22 stop	M	B3:22/2	EM 22 T	E. M. transitorio 22
M	B3:8/3	EA 23 ST	E. autom. 23 stop	M	B3:22/3	EM 23 T	E. M. transitorio 23
M	B3:8/4	EA 24 ST	E. autom. 24 stop	M	B3:22/4	EM 24 T	E. M. transitorio 24
M	B3:8/5	EA 25 ST	E. autom. 25 stop	M	B3:22/5	EM 25 T	E. M. transitorio 25
M	B3:9/0	EA 30	Estado autom. 30	M	B3:22/6	EM 26 T	E. M. transitorio 26
M	B3:9/1	EA 31	Estado autom. 31	M	B3:23/1	EM 31	Estado manual 31
M	B3:9/2	EA 32	Estado autom. 32	M	B3:23/2	EM 32	Estado manual 32
M	B3:9/3	EA 33	Estado autom. 33	M	B3:23/3	EM 33	Estado manual 33

E/S/M	Dirección	Tag	Descripción	E/S/M	Dirección	Tag	Descripción
M	B3:23/4	EM 34	Estado manual 34	S	T4:19	T25	Timer N° 25
M	B3:23/5	EM 35	Estado manual 35	S	T4:20	T26	Timer N° 26
M	B3:23/6	EM 36	Estado manual 36	S	T4:21	T27	Timer N° 27
M	B3:24/2	EM 32 T	E. M. transitorio 32	S	T4:22	T28	Timer N° 28
M	B3:24/3	EM 33 T	E. M. transitorio 33	S	T4:23	T29	Timer N° 29
M	B3:24/4	EM 34 T	E. M. transitorio 34	S	T4:24	T30	Timer N° 30
M	B3:24/5	EM 35 T	E. M. transitorio 35	S	T4:25	T31	Timer N° 31
M	B3:24/6	EM 36 T	E. M. transitorio 36	S	T4:30	T35	Timer N° 35
M	B3:25/1	EM 41	Estado manual 41	S	T4:31	T36	Timer N° 36
M	B3:25/2	EM 42	Estado manual 42	S	T4:32	Reset T36	Reset timer 36
M	B3:25/3	EM 43	Estado manual 43	S	T4:35	T40	Timer N° 40
M	B3:25/4	EM 44	Estado manual 44	S	T4:36	T41	Timer N° 41
M	B3:26/1	EM 51	Estado manual 51	S	T4:37	T42	Timer N° 42
M	B3:26/2	EM 52	Estado manual 52	S	T4:38	T43	Timer N° 43
M	B3:26/3	EM 53	Estado manual 53	S	T4:39	T44	Timer N° 44
M	B3:26/4	EM 54	Estado manual 54	S	T4:40	T45	Timer N° 45
M	B3:27/1	EM 61	Estado manual 61	S	T4:41	T46	Timer N° 46
M	B3:27/2	EM 62	Estado manual 62	S	T4:42	T47	Timer N° 47
M	B3:27/3	EM 63	Estado manual 63	S	T4:43	T48	Timer N° 48
M	B3:27/4	EM 64	Estado manual 64	S	T4:44	T49	Timer N° 49
M	B3:28/1	EM 71	Estado manual 71	S	T4:45	T50	Timer N° 50
M	B3:28/2	EM 72	Estado manual 72	S	T4:46	T51	Timer N° 51
M	B3:28/3	EM 73	Estado manual 73	S	T4:47	T52	Timer N° 52
M	B3:28/4	EM 74	Estado manual 74	S	T4:48	T53	Timer N° 53
M	B3:29/0	Faja s. autom 1	Bit faja 1 semi auto	S	T4:49	T54	Timer N° 54
M	B3:29/1	Faja s. autom 2	Bit faja 2 semi auto	S	T4:50	T55	Timer N° 55
M	B3:29/2	Pistón s. auto 1	Bit pistón 1 S auto.	S	T4:51	T56	Timer N° 56
M	B3:29/3	Pistón s. auto 3	Bit pistón 3 S auto.	S	T4:52	T57	Timer N° 57
M	B3:29/4	Pistón s. auto 4	Bit pistón 4 S auto.	S	T4:53	T58	Timer N° 58
M	B3:29/5	Fianco subida 1	Sensor óptico fianco	S	T4:54	T59	Timer N° 59
M	B3:29/6	Fianco subida 2	S. inductivo fianco	S	T4:55	T60	Timer N° 60
M	B3:29/7	ESP22	Estado espera 22	S	T4:56	T61	Timer N° 61
M	B3:29/8	ESP23	Estado espera 23	S	T4:57	T62	Timer N° 62
M	B3:29/9	ESP24	Estado espera 24	S	T4:70	Reset T3	Reset timer 3
M	B3:29/10	ESP25	Estado espera 25	S	T4:71	Reset T5	Reset timer 5
M	B3:29/11	ESP26	Estado espera 26	S	T4:72	Reset T7	Reset timer 7
M	B3:30/0	ESP32	Estado espera 32	S	T4:73	Reset T9	Reset timer 9
M	B3:30/1	ESP33	Estado espera 33	S	T4:74	Reset T11	Reset timer 11
M	B3:30/2	ESP34	Estado espera 34	S	T4:75	Reset T22	Reset timer 22
M	B3:30/3	ESP35	Estado espera 35	S	T4:76	Reset T24	Reset timer 24
M	B3:30/4	ESP36	Estado espera 36	S	T4:77	Reset T26	Reset timer 26
S	T4:0	T1 Barr. Inicial	Barrido de 10 seg	S	T4:78	Reset T28	Reset timer 28
S	T4:1	T2	Timer N° 2	S	T4:79	Reset T30	Reset timer 30
S	T4:2	T3	Timer N° 3	S	T4:80	Reset T41	Reset timer 41
S	T4:3	T4	Timer N° 4	S	T4:81	Reset T43	Reset timer 43
S	T4:4	T5	Timer N° 5	S	T4:82	Reset T45	Reset timer 45
S	T4:5	T6	Timer N° 6	S	T4:83	Reset T47	Reset timer 47
S	T4:6	T7	Timer N° 7	S	T4:84	Reset T49	Reset timer 49
S	T4:7	T8	Timer N° 8	S	T4:85	Reset T51	Reset timer 51
S	T4:8	T9	Timer N° 9	S	T4:86	Reset T53	Reset timer 53
S	T4:9	T10	Timer N° 10	S	T4:87	Reset T55	Reset timer 55
S	T4:10	T11	Timer N° 11	S	T4:88	Reset T57	Reset timer 57
S	T4:11	T12	Timer N° 12	S	T4:89	Reset T59	Reset timer 59
S	T4:15	T21	Timer N° 21	S	C5:0/0	C5 Cont. Piezas	Cont. piezas Scada
S	T4:16	T22	Timer N° 22	S	C5:0/1	Cont. metálico	Cont. metálico Scada
S	T4:17	T23	Timer N° 23	S	C5:0/2	Cont. no met.	Cont. no met. Scada
S	T4:18	T24	Timer N° 24				

Tabla 31. Asignación de entradas y salidas
Fuente: Elaboración propia

Los graficets del programa se encuentran en los anexos 22 y 23 del CD adjunto.

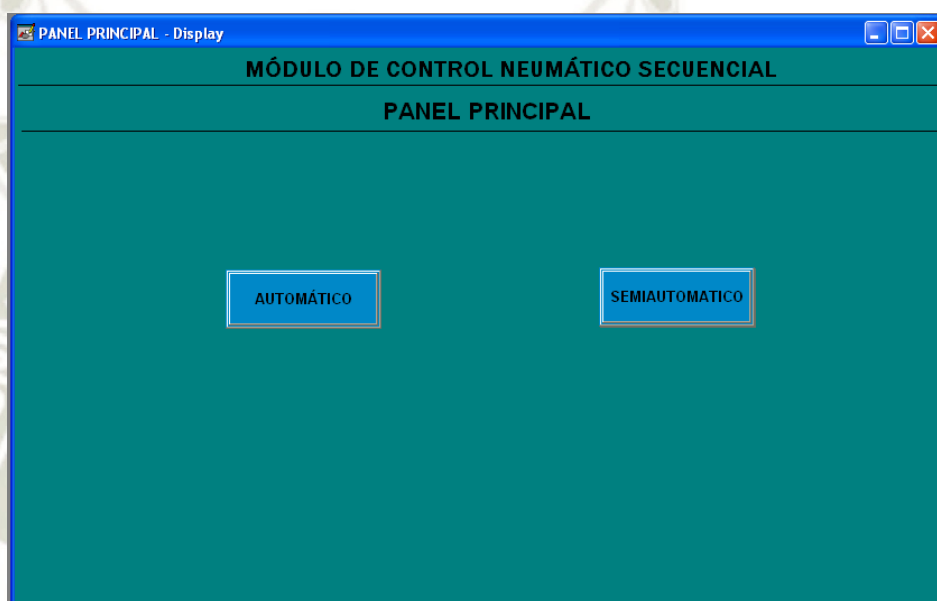
3.8.2. Flujograma de Programa



3.8.3. Scada

Para controlar y supervisar el módulo remotamente desde la PC se ha diseñado un sistema Scada que cuenta con tres pantallas de diseño sencillo.

En la primera pantalla contamos con dos botones que nos darán acceso a los modos “Automático” y “Semi automático”. Al inicializar el Scada, éste leerá el bit correspondiente al selector de modo del tablero y sólo permitirá el acceso a la pantalla que corresponda, es decir, si se trabajará en modo “Automático” no se podrá ingresar a la pantalla del modo “Semi automático” y viceversa.



*Figura 76. Panel principal del sistema Scada
Fuente: Elaboración propia*

En la pantalla del modo “Automático” cuyo screenshot se encuentra en la imagen siguiente, se pueden apreciar los siguientes indicadores y botones.

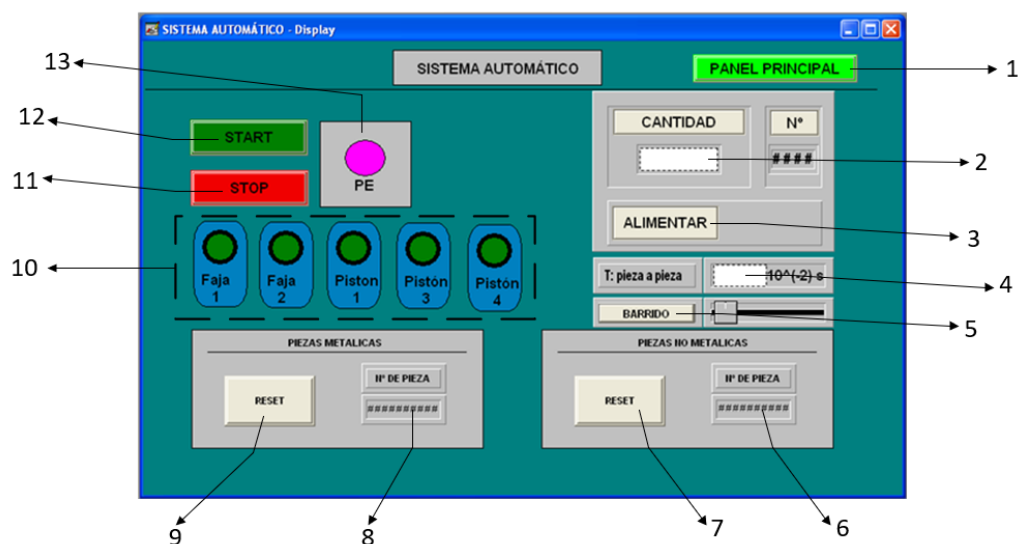


Figura 77. Pantalla Sistema automático – Scada
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se explicará el funcionamiento de cada uno de los elementos señalados.

N°	Nombre	Función
1	Panel Principal	Botón que lleva nuevamente al panel principal
2	Cantidad	Aquí se ingresa la cantidad de piezas que se desea procesar.
3	Alimentar	Botón que manda el bit de activación para que el pistón N°4 empiece a alimentar las piezas.
4	Tiempo pieza a pieza	Tiempo de alimentación entre piezas, se puede modificar.
5	Barrido	Botón que inicia el proceso de barrido durante 10 segundos.
6	N° pieza no metálica	Contador de piezas no metálicas
7	Reset	Reset del contador de piezas no metálicas
8	N° pieza metálica	Contador de piezas metálicas
9	Reset	Reset del contador de piezas metálicas
10	Indicadores	Estos indicadores se encenderán en función a los elementos que se activen durante el proceso.
11	Stop	Con este botón se para el proceso y entra a los estados de Stop del programa
12	Start	Con este botón se inicia el proceso
13	PE	Este indicador se encenderá si la parada de emergencia del tablero es presionada.

Tabla 32. Disgregación pantalla Scada – Sistema Automático
Fuente: Elaboración propia

Al cambiar de modo de funcionamiento del sistema a “Semi automático” tendremos acceso a la siguiente pantalla, en la tabla 32 se detallan las funciones de los elementos presentes.

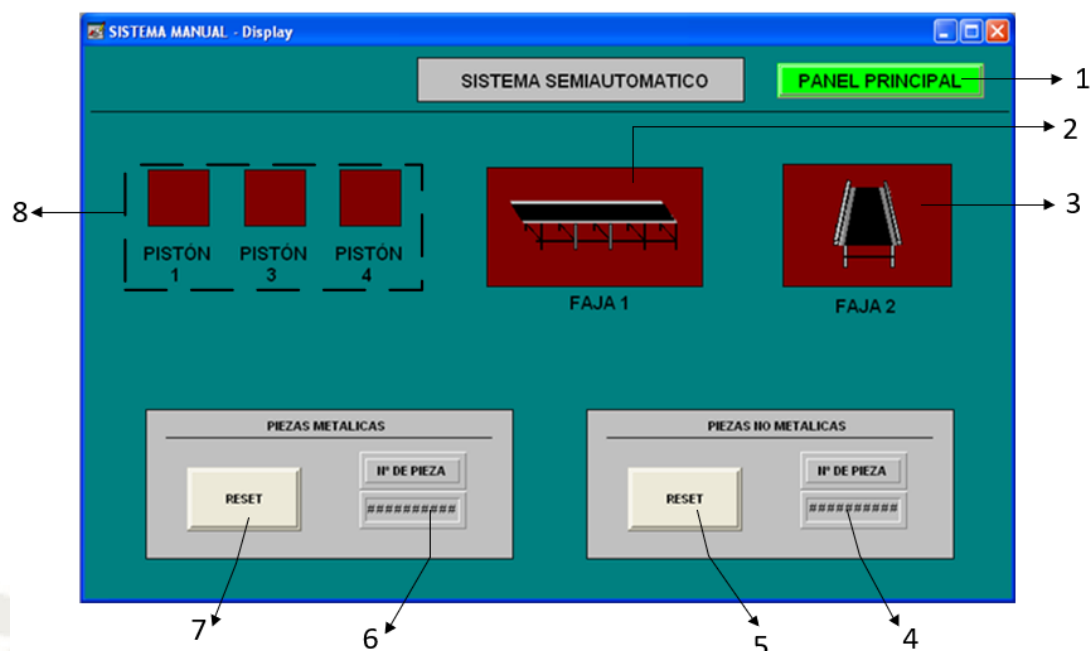


Figura 78. Pantalla Sistema semi-automático – Scada
Fuente: Elaboración propia

N°	Nombre	Función
1	Panel principal	Botón que nos lleva al panel principal
2	Faja 1	Indicador de funcionamiento de la faja principal
3	Faja 2	Indicador de funcionamiento de la faja secundaria
4	N° piezas no metálicas	Contador de piezas no metálicas
5	Reset	Reset de piezas no metálicas
6	N° piezas metálicas	Contador de piezas metálicas
7	Reset	Reset de piezas metálicas
8	Indicadores	Indicadores de funcionamiento de los pistones

Tabla 33. Disgregación pantalla Scada – Sistema Semiautomático
Fuente: Elaboración propia

3.8.4. Conexiones hacia el PLC.

Para lograr una correcta comunicación entre el autómata y el módulo, se deben emplear cables de tipo banano-banano que serán proporcionados como parte del Kit que se entregará con el módulo.

El Kit consta de 12 piezas de 5 centímetros de alto, 4 piezas de 2 centímetros de alto, cables de conexión tipo banano-banano de colores rojo y negro. Además, se tiene también el Manual de Usuario y la cartilla de control de uso.

Los cables deberán ser conectados desde el módulo del autómata programable hacia el tablero I/O ubicado en la parte inferior izquierda del módulo siguiendo

la tabla de asignación de Entradas y Salidas como se muestra en la imagen siguiente:



Figura 79. Conexiones en módulo PLC y Panel I/O
Fuente: Elaboración propia



CAPITULO IV

4. Pruebas

Para asegurarnos de que el módulo se entregará en perfectas condiciones de funcionamiento, se procedieron a hacer pruebas en las diferentes etapas del diseño.

En una primera instancia se probó el funcionamiento de los motores durante periodos cortos y largos de tiempo observando que no se presenta calentamiento ni ruidos extraños. Ambos motores pasaron las pruebas sin problemas por lo que podemos asegurar que trabajarán bien.

Al encender los motores y activar las fajas se pudo notar que los polines fabricados a medida funcionan bien, el polín principal de cada faja no presenta ningún tipo de desgaste después de todo el tiempo que se las tuvo encendidas. No se presentaron frenados durante el funcionamiento de ambas fajas.

Las fajas de material con tratamiento vulcanizado se deslizan bien, no se han presentado problemas de tensado, al ser de superficie lisa no presenta una adhesión a los materiales muy alta por lo que en algunos escenarios algunas piezas cayeron de la banda durante las pruebas.

Para solucionar este problema de las caídas se implementaron guías en la faja secundaria, además de colocar una protección en los chutes que han sido fabricadas de policarbonato. Se recubrieron los chutes para minimizar el impacto de las piezas al ser empujadas por los pistones.

Habiendo completado el programa para el autómeta programable, se procedió a realizar 20 pruebas del modo automático y 10 pruebas en modo manual para definir la ratio de error, a continuación, se muestra una tabla con los resultados obtenidos durante las primeras 10 pruebas.

Las primeras 10 pruebas se realizaron siguiendo una secuencia en la que se mezclaron los tres tipos de material de los cilindros sin colocar dos piezas de metal juntas. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Modo Automático			
Resultados de las Pruebas N° 1 - 10			
N° de Prueba	Aciertos	Fallos	Pieza que falló
Prueba 1	6	0	-
Prueba 2	6	0	-
Prueba 3	6	0	-
Prueba 4	5	1	Plástico
Prueba 5	6	0	-
Prueba 6	6	0	-
Prueba 7	6	0	-
Prueba 8	6	0	-
Prueba 9	6	0	-
Prueba 10	6	0	-

Tabla 34. Resultado de pruebas 1-10 en modo automático
Fuente: Elaboración propia

De estas primeras pruebas se puede observar que casi no hay errores al alimentar el módulo con las piezas mezcladas, pero sin colocar dos metales juntos.

Análisis de datos:

Se pudo observar que, al alimentar las piezas sin seguir una secuencia particular, se tiene un error del 10% de las pruebas que en este caso corresponde a una sola prueba fallida.

Considerando que se alimentaron 60 piezas durante las pruebas, la pieza que falló la prueba representa una ratio de error del 1.67%.

El error en la prueba N°4 se debió al deslizamiento de una de las piezas hacia la faja principal antes de que el pistón la empujara.

Para las siguientes 10 pruebas se consideraron 2 secuencias, cada una se repitió 5 veces.

Secuencias:

- 1) plástico/madera – metal – metal – plástico/madera – metal – metal
- 2) metal – metal - plástico/madera – metal – metal – plástico/madera

Modo Automático			
Resultados de las Pruebas N°11 - 20			
N° de Prueba	Aciertos	Fallos	Pieza que falló
Prueba 11	5	1	Metal
Prueba 12	6	0	-
Prueba 13	6	0	-
Prueba 14	6	0	-
Prueba 15	5	1	Metal
Prueba 16	5	1	Metal
Prueba 17	6	0	-
Prueba 18	6	0	-
Prueba 19	5	1	Metal
Prueba 20	6	0	-

Tabla 35. Resultado de pruebas 11-20 en modo automático
Fuente: Elaboración propia

Al alimentar el módulo con dos piezas de metal seguidas, se observa una mayor incidencia de error.

Análisis de datos:

Durante estas pruebas se hizo hincapié en juntar dos piezas de metal debido a que el sensor inductivo es el primero en la faja y a que se observó cierto deslizamiento de las piezas antes del accionamiento del pistón N°4 que funciona como alimentador.

Al deslizarse una pieza un poco por fuera del alimentador, el empuje del pistón deja las piezas más cerca de lo que se tiene calculado para asegurar que el sensor inductivo realice sus lecturas correspondientes. Este desfase en el proceso de alimentación es el causante de los errores en esta tanda de pruebas.

Se tiene un porcentaje de error de pruebas del 40%, lo cual ya es un valor significativo. El porcentaje de las piezas que fallaron la prueba asciende ahora a un 6.67%, es un 5% más que en las pruebas anteriores.

Finalmente, se realizaron 10 pruebas haciendo funcionar el módulo en modo Semiautomático. Cabe resaltar que, en este modo, el usuario se encarga de alimentar manualmente las piezas a criterio propio en cuanto al tiempo entre pieza y pieza.

Para realizar estas pruebas se consideró una alimentación casi constante de 2 segundos entre pieza y pieza. Se menciona una “casi constancia” debido a que, independientemente de la alimentación, la faja principal se detendrá una vez que haya sido detectada alguna pieza ya sea mediante el sensor inductivo o el sensor óptico.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

El módulo fue alimentado también con 6 piezas cada vez que se accionó y no se siguió ninguna secuencia en particular.

Modo Semiautomático			
Resultados de las Pruebas N° 1 - 10			
N° de Prueba	Aciertos	Fallos	Pieza que falló
Prueba 1	6	0	-
Prueba 2	5	1	Metal
Prueba 3	4	2	Plástico y Metal
Prueba 4	6	0	-
Prueba 5	6	0	-
Prueba 6	5	1	Plástico
Prueba 7	6	0	-
Prueba 8	5	1	Madera
Prueba 9	5	1	Plástico
Prueba 10	6	0	-

Tabla 36. Resultado de pruebas 1-10 en modo semiautomático
Fuente: Elaboración propia

Análisis de datos:

Durante estas 10 pruebas en modo semiautomático se puede ver una mayor incidencia de errores.

En cuanto a porcentaje de error de pruebas tenemos un valor más elevado con respecto a las pruebas en modo automático, el valor asciende a 50%. El porcentaje de piezas que fallaron las pruebas asciende a un 10%.

Analizando el comportamiento del módulo se puede concluir que la frecuencia de alimentación de piezas hacia la faja principal es el principal motivo de los errores.

Esto se debe a que en modo semiautomático la faja principal se detendrá cuando alguna pieza esté posicionada delante del pistón, sea el pistón 3 para las piezas metálicas o el pistón 1 para las no metálicas.

Si se tiene una alimentación con una cadencia constante en la que las piezas estén separadas unas de otras por al menos 2 segundos, la incidencia de errores es casi nula y en algunas pruebas fue nula totalmente.

El autómatas está programado para que una vez detecte el sensor (inductivo u óptico) se active un timer que deje correr la pieza desde el sensor hasta el pistón respectivo y ahí se detenga la faja para que el usuario pueda realizar el accionamiento manual del pistón respectivo.

Después de activar el pistón y volver a arrancar la faja, se observa que, si bien los sensores detectan las piezas, no siempre los timers logran que las piezas se detengan delante del pistón. En algunas ocasiones las piezas han pasado directamente al chute de rechazo y en otras, la pieza se detuvo descentrada del pistón por lo que al accionarlo no se logró empujar la pieza en el centro y falló el ingreso al chute.

Se adjuntan algunos videos de dichas pruebas y del funcionamiento general en el CD adjunto a este ejemplar de la tesis.

CAPITULO V

5. Costo y Presupuesto

Para realizar el presente análisis nos hemos basado en la inversión que hicimos de los nuevos componentes adquiridos para la implementación de la tesis actual. Estamos tomando en cuenta los componentes que fueron reciclados del módulo de tesis a modo de indicar qué elementos del diseño anterior se mantienen. La tesis en la que nos basamos está titulada como “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO EDUCATIVO DE NEUMÁTICA CON FAJA TRANSPORTADORA CON UNA APLICACIÓN PARA SELECCIÓN DE OBJETOS SÓLIDOS MEDIANTE UN BRAZO MECÁNICO NEUMÁTICO QUE VARIARÁ DE POSICIÓN Y CONTROLADO EN BASE A UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS” de los autores Rodríguez Peñaranda Yan Carlo y Villalba Cabrera Edwin Javier.

Componente	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)
Faja transportadora de 80mm. Empalme vulcanizado en caliente. (Desarrollo 2940mm)	1	89.97	89.97
Faja transportadora de 80mm. Empalme vulcanizado en caliente. (Desarrollo 1455mm)	1	87.57	87.57
Sensor inductivo	1	66	66
Sensor óptico	1	100	100
Sensor capacitivo	1	196	196
Fuente de alimentación a 220 VDC	1	80	80
Pulsador Emergencia	1	12	12
Pulsadores LED	8	9	72
Selectores 2 Posiciones	2	10	20
Selector 3 Posiciones	1	12	12
Pilotos LED	2	9	18
Fuente de alimentación a 12 – 24 VDC	1	48	48
Válvulas solenoides 5/2	2	90	180
Pistón de doble efecto	1	130	130
Fabricación de Polea dentada para motor de faja	1	204	204
Materiales para conexiones eléctricas, tableros de mando y control, tablero indicador, etc.	-	2,103	2,103
TOTAL			S/. 3,418.54

Tabla 37. Análisis económico de materiales

Fuente: Elaboración propia

Se considera adicional al total anterior el costo de la fabricación de la nueva estructura (incluye ya los materiales y la mano de obra) que fue de un total de tres mil soles (S/. 3000.00), también han de considerarse las horas hombre del proceso de cableado, señalización y puesta en marcha de la parte eléctrica, la cual asciende a mil ochocientos soles (S/. 1800.00)

ITEM	COSTO (S/.)
Costo por Fabricación Del Módulo	3,000
Costo por Servicio Armado de Tablero	1,800
COSTO TOTAL	S/. 4800

Tabla 38. Análisis económico del módulo
Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, hemos hecho una lista de todos los componentes que han sido reciclados de la tesis en la que se basa nuestra adaptación mencionada líneas arriba. Se consideran los precios mencionados en el Análisis Económico realizado por los autores.

Componente	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)
Compresora	1	700	700
Unidad de mantenimiento	1	100	100
Válvula de distribución	1	80	80
Electroválvula	2	130	260
Cilindro neumático	3	100	300
TOTAL			S/. 1440

Tabla 39. Análisis económico de componentes recuperados
Fuente: Elaboración propia

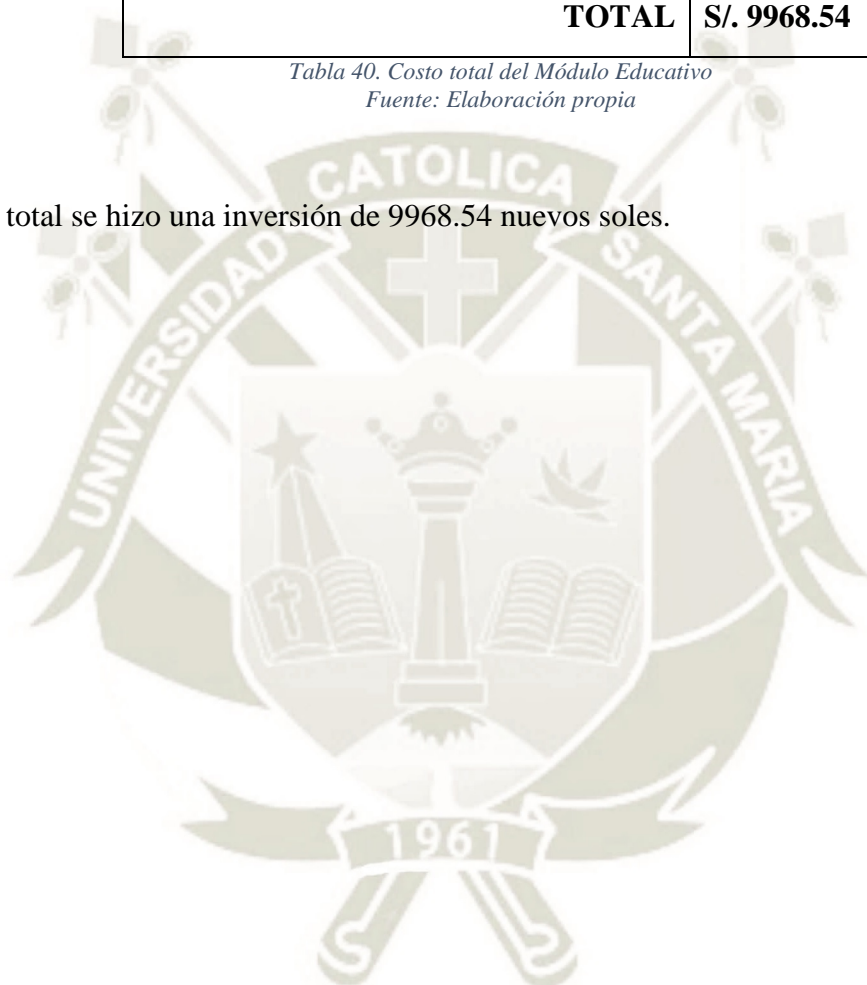
Finalmente se muestra una tabla resumen de todos los gastos realizados:

Materiales empleados (tabla 38)	S/. 3418.54
Armado de estructura y tablero	S/. 4800
Programación	S/. 1000
Planos eléctricos	S/. 400
Planos estructurales	S/. 350
TOTAL	S/. 9968.54

Tabla 40. Costo total del Módulo Educativo

Fuente: Elaboración propia

En total se hizo una inversión de 9968.54 nuevos soles.



CONCLUSIONES

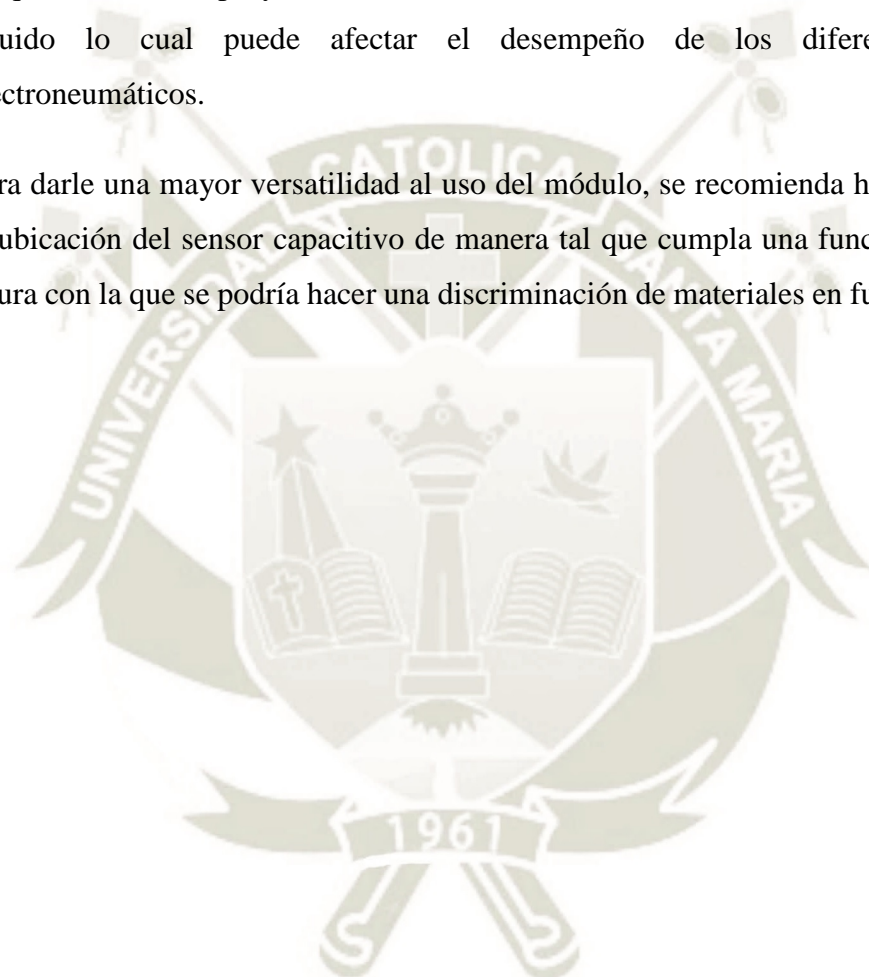
- Se logró cumplir el objetivo principal que dictaba el diseño e implementación de un módulo de control neumático secuencial.
- Se logró cumplir también con los objetivos secundarios planteados en esta tesis. Se implementaron dos fajas transportadoras con un sistema que permite la selección de objetos de tres tipos de material mediante la implementación de tres sensores diferentes.
- Se cumplió con realizar la programación del módulo de acuerdo con las normas y estándares internacionales, además, se realizó una interfaz Hombre-Máquina mediante un sistema Scada y adicionalmente se fabricó un panel visualizador conectado al tablero eléctrico.
- Se cumplió también con el desarrollo y elaboración de un manual de usuario que será empleado como material de referencia para el correcto uso y funcionamiento del módulo neumático de control secuencial.
- Se cumplió también con la elaboración de las 2 guías de laboratorio requeridas con las cuales se puede comprobar el funcionamiento del módulo antes referido.
- Se puede concluir que el módulo impactará positivamente en la formación universitaria de los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica de Santa María pues éste cumple con las especificaciones técnicas planteadas en esta tesis. De esta forma se cuenta con un módulo fabricado de acuerdo con las normas internacionales, los planos entregados también cumplen sus respectivos estándares y normas.

RECOMENDACIONES

- Para poder usar y aprovechar todos los elementos que posee el Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial, se recomienda adquirir una tarjeta adicional de entradas para los módulos de los autómatas programables.
- Actualmente el PLC de Allen Bradley cuenta con 10 entradas disponibles, motivo por el cual se puede observar que el programa no considera el funcionamiento del sensor Capacitivo como parte de la secuencia, así como tampoco se considera el funcionamiento del pistón número 2.
- Se recomienda la ampliación de los módulos de PLC con entradas adicionales no sólo para aprovechar el módulo educativo, sino también para poder considerar una ampliación de las funcionalidades de este.
- Para aprovechar el máximo potencial del módulo de control neumático, incentivamos a los estudiantes y docentes a leer la Guía de Uso que estamos dejando como parte de esta tesis.
- Para futuros proyectos o aplicaciones, se consideró el posible desmontaje del módulo (las fajas y compresora) y se dejó el motor generador de vacío en caso más adelante algún estudiante o tesista quisiera implementar un succionador como en la tesis original de los señores Peñaranda y Villalba.
- Se recomienda mejorar el sistema con un Datalog para que los alumnos puedan almacenar los datos que obtendrán al usar el módulo y se les instruya en el uso de la información para crear registros de datos, informes de comportamiento, líneas de tendencia, entre otras herramientas que son usadas actualmente en la industria.
- Se recomienda también implementar sensores tipo Final de Carrera para poder tener un mayor control en la parte del alimentador de piezas hacia la faja ya que por el momento se ha considerado un timer dentro de la programación para realizar dicha función. Como se puede ver en el capítulo de pruebas, la falta de este sensor implica también una mayor incidencia de errores.
- Para lograr un aprovechamiento mayor del módulo educativo, se recomienda la adición de un sensor en paralelo con el sensor capacitivo. Podría ser un sensor de color. De tal

forma, se podrá poner en funcionamiento el pistón número 2 y se podrán hacer nuevas combinaciones lógicas.

- Recomendamos también adicionar una válvula de sobrepresión al tanque compresor de aire de forma que se eviten accidentes.
- Se recomienda colocar un filtro a la salida de la válvula distribuidora de aire comprimido ya que, con el tiempo y el uso, el aire se condensa dentro de las tuberías y se vuelve líquido lo cual puede afectar el desempeño de los diferentes elementos electroneumáticos.
- Para darle una mayor versatilidad al uso del módulo, se recomienda hacer un ajuste en la ubicación del sensor capacitivo de manera tal que cumpla una función de sensor de altura con la que se podría hacer una discriminación de materiales en función al tamaño.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS


- [1] A. Creus, Neumática e Hidráulica. México: Alfaomega, 2007.
- [2] Estudios Superiores Abiertos SEAS, Neumática. Grupo San Valero, 2012, p. 19.
- [3] A. Buenache, Tecnología Neumática, 1st ed. 2010, pp. 26, 27.
- [4] Estudios Superiores Abiertos SEAS, Neumática. Grupo San Valero, 2012, pp. 25-27.
- [5] A. Buenache, Tecnología Neumática, 1st ed. 2010, p. 27.
- [6] FESTO “Fundamentos de Neumática” Conjunto de transparencias (2000)
- [7] FESTO, Estructura de los sistemas neumáticos. 2000.
- [8] Santos F, Sánchez G y Villarón J. Neumática. (2006)
- [9] A. Creus, Neumática e Hidráulica. México: Alfaomega, 2007.
- [10] A. Buenache, Principales elementos de una instalación neumática. 2010.
- [11] Estudios Superiores Abiertos SEAS, Neumática. Grupo San Valero, 2012, pp. 31-35.
- [12] Grupo San Valero, Trabajo de un compresor alternativo de 1 etapa. 2012.
- [13] Grupo San Valero, Trabajo de un compresor alternativo de 2 etapas. 2012.
- [14] Grupo San Valero, Trabajo de un compresor alternativo de membrana. 2012.
- [15] Grupo San Valero, Compresor de paletas. 2012.
- [16] Grupo San Valero, Compresor de tornillo. 2012.
- [17] Estudios Superiores Abiertos SEAS, Neumática. Grupo San Valero, 2012, pp. 36-38.
- [18] A. Buenache, Elementos principales de un depósito. 2012.
- [19] Estudios Superiores Abiertos SEAS, Neumática. Grupo San Valero, 2012, pp. 54-59.
- [20] FESTO, Estructura de los sistemas neumáticos. 2000.
- [21] Grupo San Valero, Filtro para unidad de mantenimiento. 2012.
- [22] Grupo San Valero, Regulador de presión con manómetro. 2012.
- [23] Grupo San Valero, Lubricador para unidad de mantenimiento. 2012.
- [24] FESTO, Símbolos de los principales elementos de trabajo. 2000.
- [25] Grupo San Valero, Cilindro de simple efecto tipo “dentro”. 2012.
- [26] Grupo San Valero, Cilindro de doble efecto. 2012.
- [27] A. Creus, Neumática e Hidráulica. México: Alfaomega, 2007.

- [28] García y Peláez, Neumática Industrial. Diseño, selección y estudio de elementos neumáticos, 2002.
- [29] Creus, Nomenclatura de las vías. 2011
- [30] Creus, Símbolos básicos de las válvulas distribuidoras (DIN-ISO 1219). 2011
- [31] FESTO, Posiciones de maniobra y designación de las conexiones de válvulas de vías. 2000
- [32] FESTO, Denominaciones de las conexiones. 2000
- [33] FESTO, Tipos de accionamiento. 2000
- [34] FESTO, Denominaciones de las conexiones. 2000
- [35] FESTO, Denominaciones de las conexiones. 2000
- [36] FESTO, Estructura de los sistemas neumáticos (2000)
- [37] FESTO, Válvula de 3/2 vías: cerrada en reposo, asiento de bola. 2000
- [38] FESTO, Válvula de 3/2 vías: cerrada en reposo, asiento de plato. 2000
- [39] Controladores lógicos programables -PLC-. Buenos Aires: Instituto Nacional de Educación Tecnológica, p. 13.
- [40] FESTO Didactic, Controlador Lógico Programable - Nivel Básico TP301. p. 36.
- [41] Controladores lógicos programables -PLC-. Buenos Aires: Instituto Nacional de Educación Tecnológica, p. 18.
- [42] INET, Esquema básico de un PLC.
- [43] FESTO Didactic, Controlador Lógico Programable - Nivel Básico TP301. p. 51.
- [44] FESTO, Modelo de fases para la generación de software de PLC.
- [45] FESTO Didactic, Controlador Lógico Programable - Nivel Básico TP301. p. 57-59.
- [46] FESTO, Ejemplo del lenguaje en diagrama de contactos.
- [47] FESTO, Ejemplo del lenguaje en diagrama de bloques de contacto.
- [48] FESTO, Ejemplo del lenguaje en diagrama de contactos.
- [49] UNED, Extracto de programa de tipo SFC.
- [50] UNED, Extracto de un programa utilizando lenguaje SFC.
- [51] A. Creus, Neumática e Hidráulica. México: Alfaomega, 2007.
- [52] https://http2.mlstatic.com/borne-de-conexion-riel-simetrico-4mm-hasta-cable10-bornera-D_NQ_NP_423525-MLV25446205801_032017-F.jpg
- [53] <https://chint.co.uk/product/np8-zs-14/>

- [54] <https://es.aliexpress.com/item/32609620419.html>
- [55] <https://chintmex.com/tienda/productos-de-baja-tension-electrica/nb7-mcb/>
- [56] <https://export.rsdelivers.com/es/product/carlo-gavazzi/rmia45230ac/rel%c3%a9-sin-enclavamiento-4pdt-enchufable-230v-ac/8593254>
- [57] <https://www.pinterest.com/pin/650699846139567635/>
- [58] <https://www.cimech3d.cl/producto/tslot3030/>
- [59] <https://vi.aliexpress.com/item/32392382639.html>
- [60] <https://spanish.alibaba.com/product-detail/leili-zd2530-12v-24v-50w-bus-windscreen-dc-wiper-motor-60204484469.html?spm=a2700.8699010.normalList.4.15de347cn0YVAI&s=p>
- [61] https://www.amazon.es/Motor-limpiaparabrisas-12-0390351364-40238/dp/B07CR592XF/ref=sr_1_8?keywords=motores+12v&qid=1568391743&s=automotive&sr=1-8
- [62] <https://es.rs-online.com/web/p/actuadores-redondos-neumaticos/5108957/>
- [63] https://es.made-in-china.com/co_cnkailing/product_Pneumatic-Valve-Two-Position-Five-Way-Aluminum-Alloy-Air-Solenoid-Valve_eyonuuong.html
- [64] https://es.made-in-china.com/co_cnkailing/product_Pneumatic-Valve-Two-Position-Five-Way-Aluminum-Alloy-Air-Solenoid-Valve_eyonuuong.html
- [65] <http://www.geekbotelectronics.com/producto/lj12a3-4-z-bx-sensor-proximidad/>
- [66] <https://manualzz.com/doc/31136424/product-guide---hanyoung-nux>
- [67] <https://www.ebay.es/itm/Photoelectric-Sensor-E3JM-R4M4-G-Omron-E3JMR4M4G-/282877539439>
- [68] <https://www.cromwell.co.uk/shop/fluid-power/filters-and-regulators/mc104-d00-1-4inch-filter-regulator-boxed-set/p/CMZ2966840T>
- [69] https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-561776748-manguera-neumatica-8-mm-smc-azul-aire-a-presion-alta-calidad-_JM?quantity=1

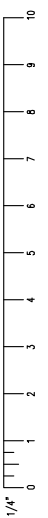
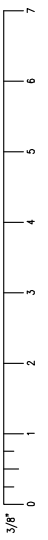
ANEXOS

- Anexo 1. CD con videos de pruebas
- Anexo 2. Planos estructurales del módulo
- Anexo 3. Datasheet cilindro neumático marca NORGREN
- Anexo 4. Datasheet cilindro neumático marca AIRTAC
- Anexo 5. Datasheet electroválvulas recuperadas
- Anexo 6. Datasheet electroválvulas nuevas
- Anexo 7. Datasheet sensor de proximidad inductivo
- Anexo 8. Datasheet sensor de proximidad capacitivo
- Anexo 9. Datasheet sensor óptico
- Anexo 10. Datasheet parada de emergencia
- Anexo 11. Datasheet pulsadores
- Anexo 12. Llave termomagnética
- Anexo 13. Datasheet relé Carlo Gavazzi
- Anexo 14. Datasheet relé Omron
- Anexo 15. Datasheet de unidad de mantenimiento
- Anexo 16 Datasheet tubería neumática
- Anexo 17. Planos eléctricos del módulo
- Anexo 18. Datasheet motor Embraco – compresor de aire
- Anexo 19. Guía de Prácticas 1
- Anexo 20. Guía de Prácticas 2
- Anexo 21. Guía de Usuario
- Anexo 22. Grafcet modo automático
- Anexo 23. Grafcet modo semiautomático

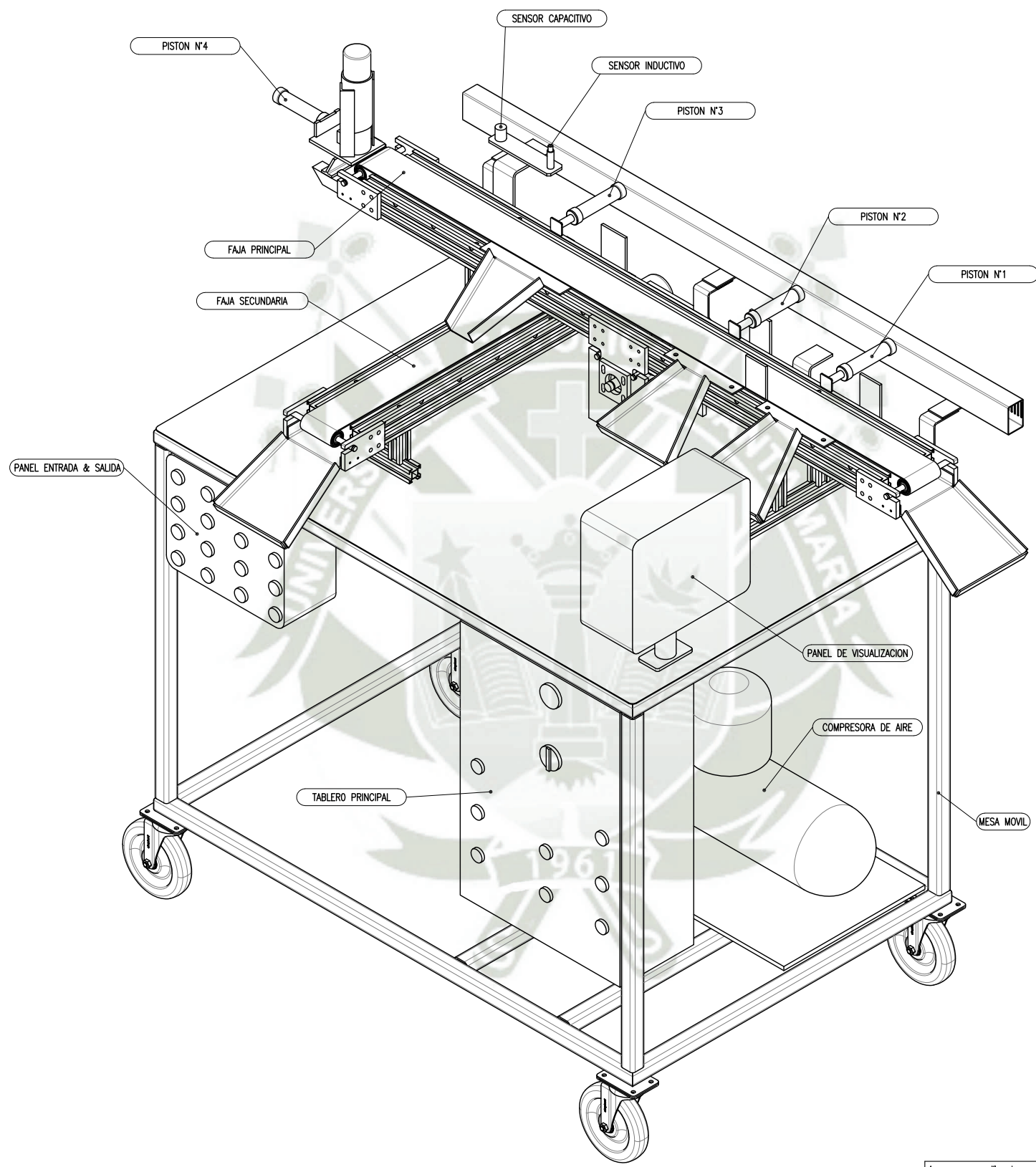


ANEXO 2

PLANOS ESTRUCTURALES



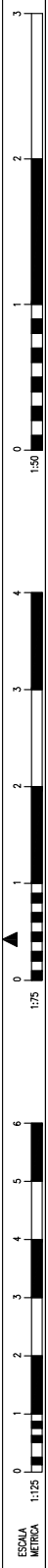
ESCALA EN
PULGADAS



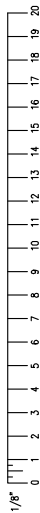
ISOMETRICO
ESCALA: 1/5

<small>A menos que se especifique otra las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: Tolerancias: - Lineal: ± 0.054 (IT-9) - Angular:</small>				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica		Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial			
Dibujado E. Vargas		Firmas		Fecha		Observaciones:		Título del Proyecto: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Revisado H. Zegarra						<small>Notas: Algunos componentes se acoplan funcionalmente para mostrar algunos detalles en los vistas auxiliares.</small>		CODIGO:	
Aprobado H. Zegarra						MATERIAL:		Nombre de Dibujo: Faja Principal	
						Peso:		Escala:	
								Hoja: 01	

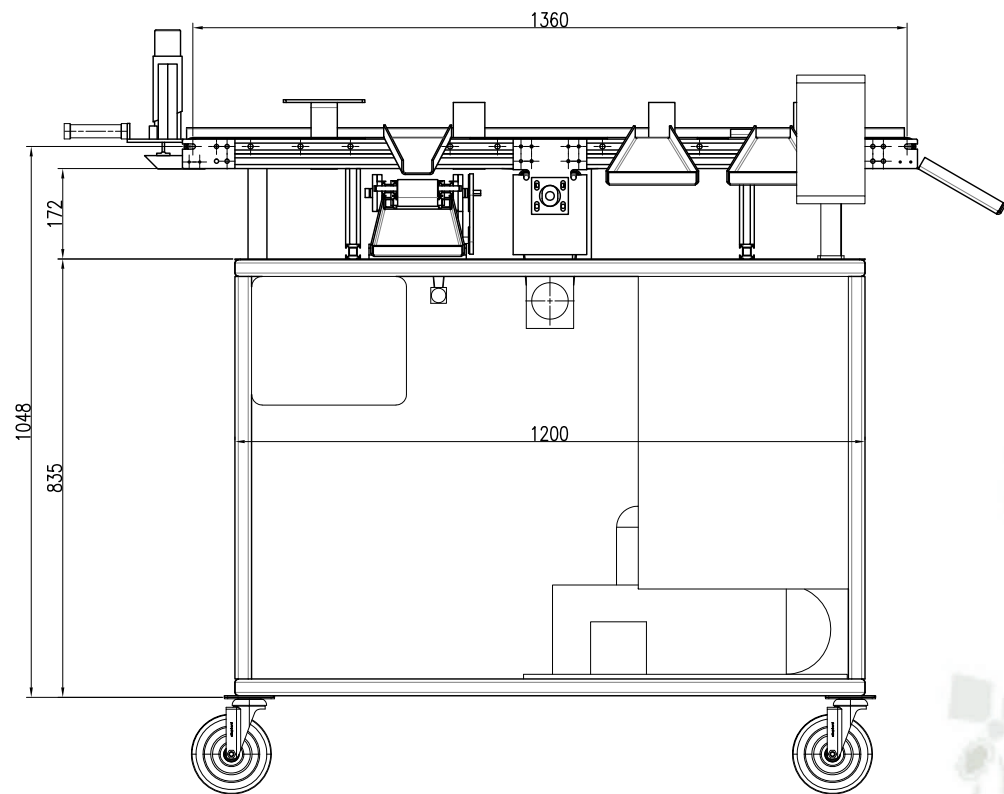
A3



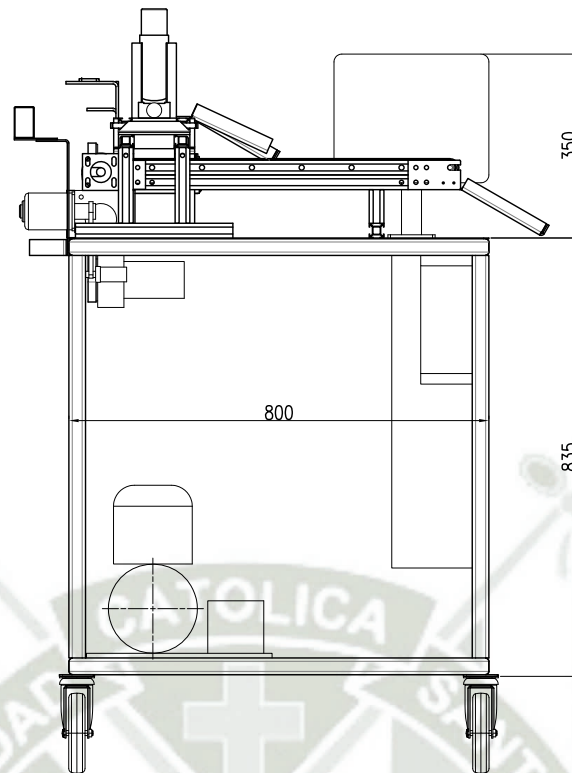
ESCALA
MÉTRICA



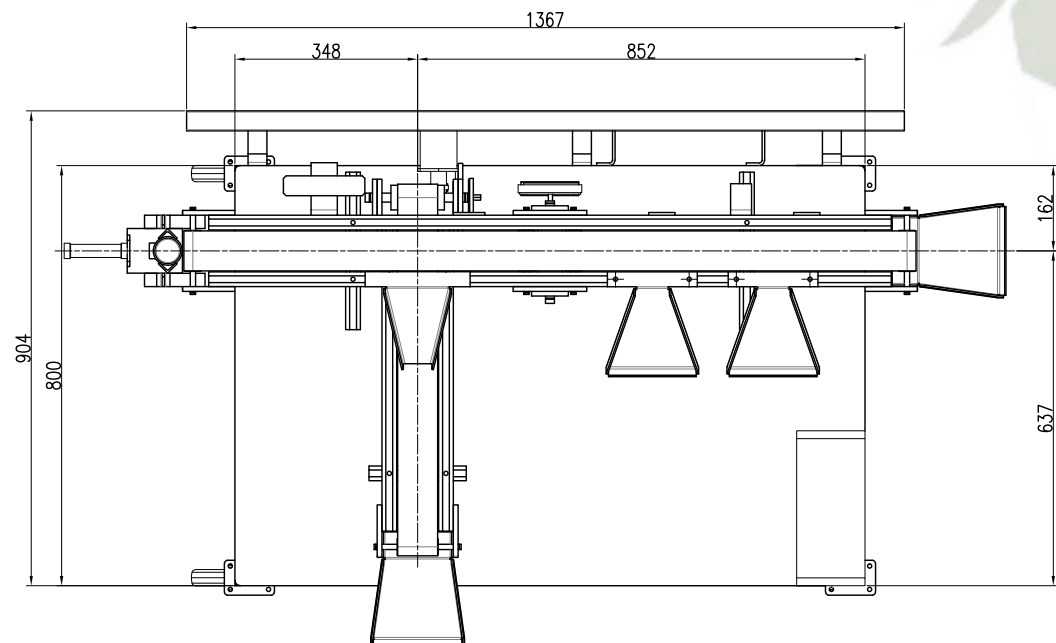
ESCALA EN
PULGADAS



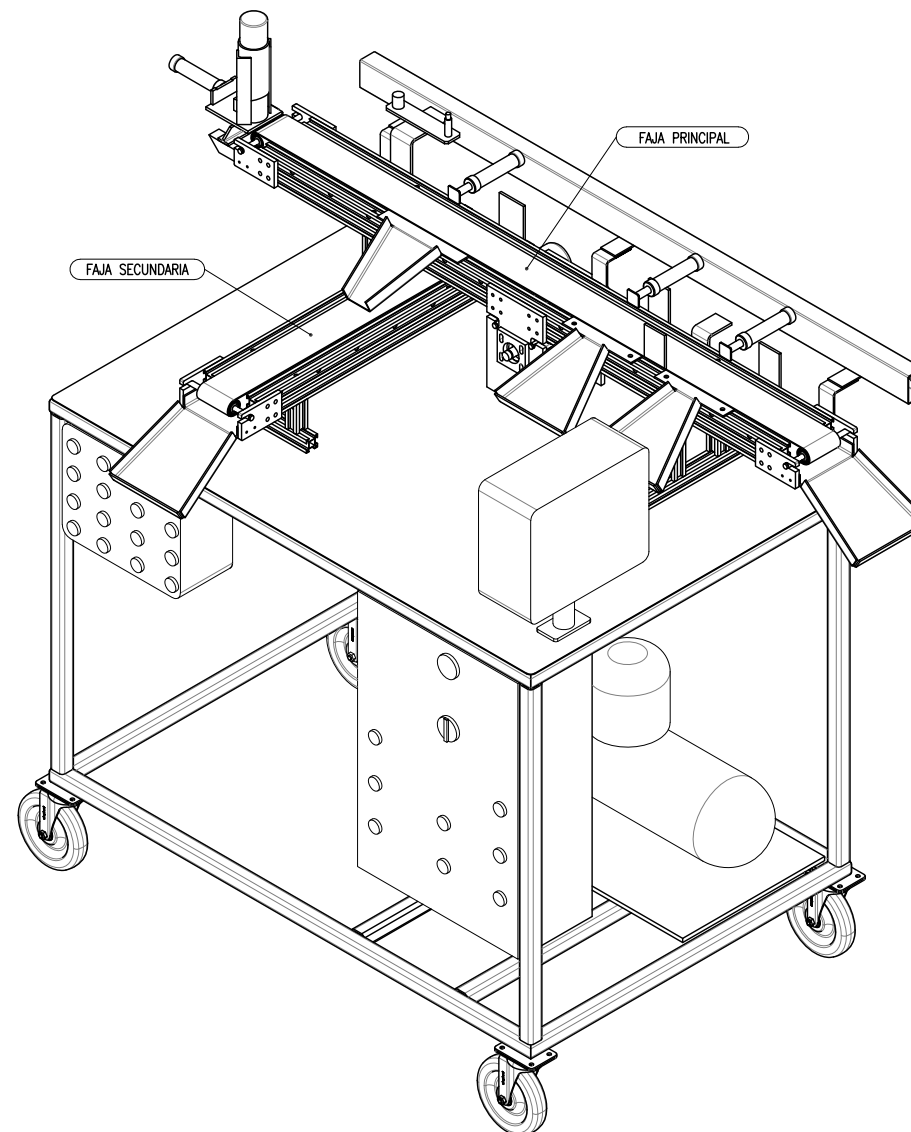
VISTA FRONTAL
ESCALA: 1/7.5



VISTA LATERAL
ESCALA: 1/7.5



VISTA SUPERIOR
ESCALA: 1/7.5

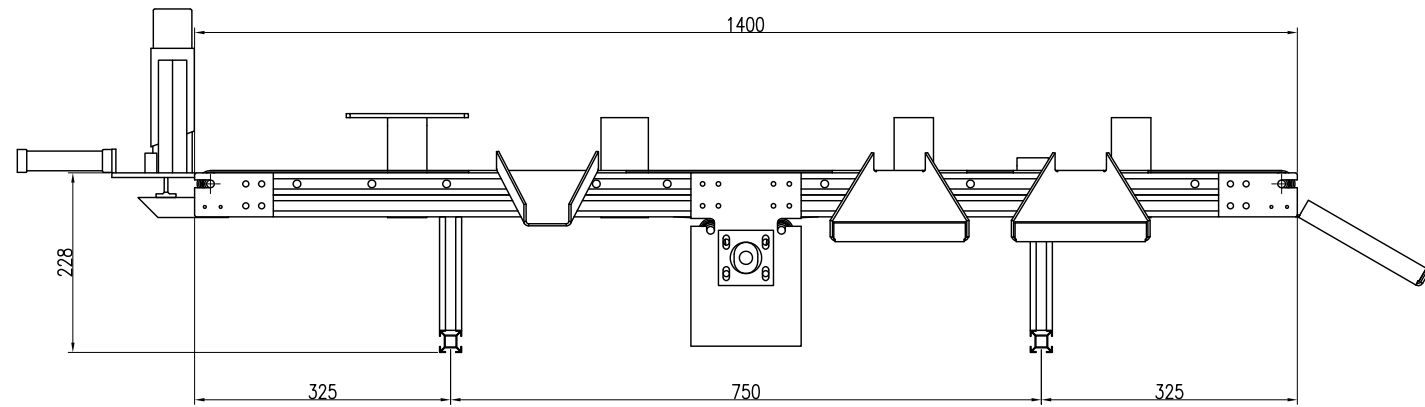


ISOMETRICO
ESCALA: 1/7.5

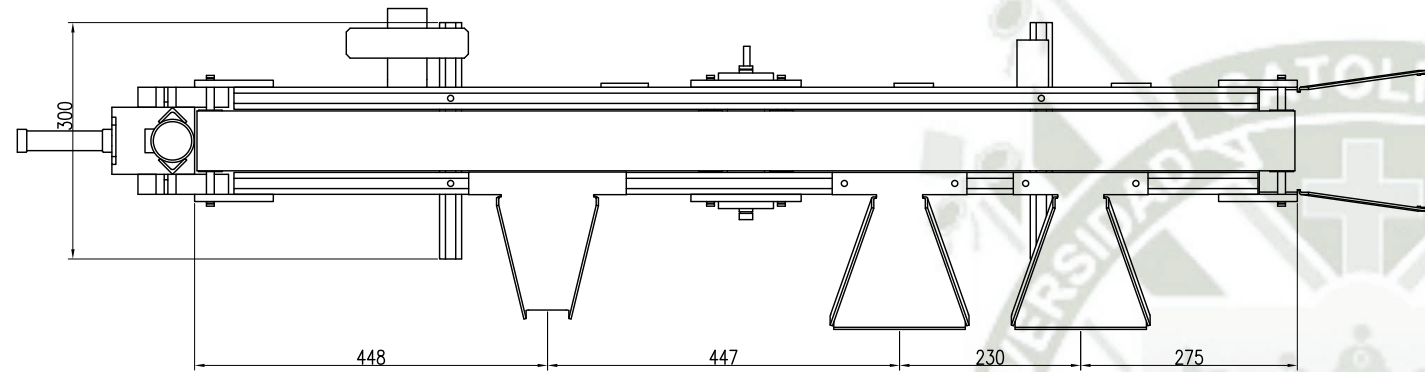
A menos que se especifique otra las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: Tolerancias: - Lineal: ± 0.054 (11-9) - Angular:				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica	Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Dibujado	Nombres	Firmas	Fecha	Observaciones:	Título del Proyecto:	
	E. Vargas				Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Revisado	H. Zegarra			Notas: Algunos componentes se acoplan intencionalmente para mostrar algunos detalles en las vistas auxiliares.	Nombre de Dibujo:	
Aprobado	H. Zegarra			CODIGO:	Faja Principal	
				MATERIAL:		
				Peso:	Escala:	Hoja: 02



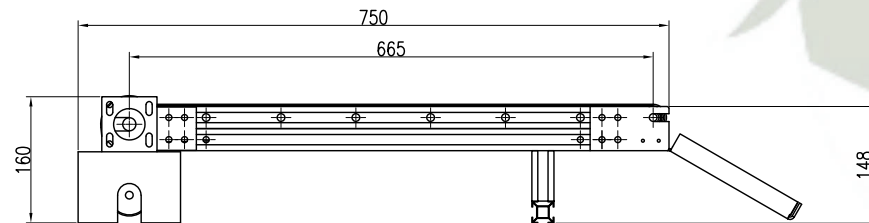
ESCALA
MÉTRICA



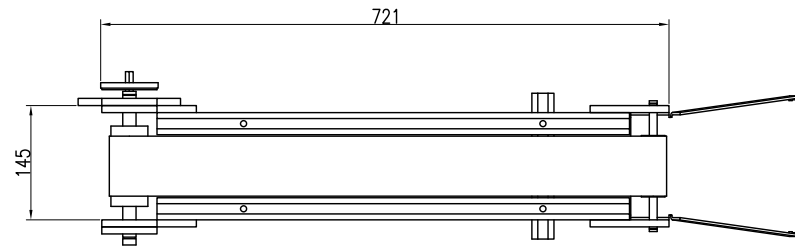
VISTA FRONTAL
ESCALA: 1/5



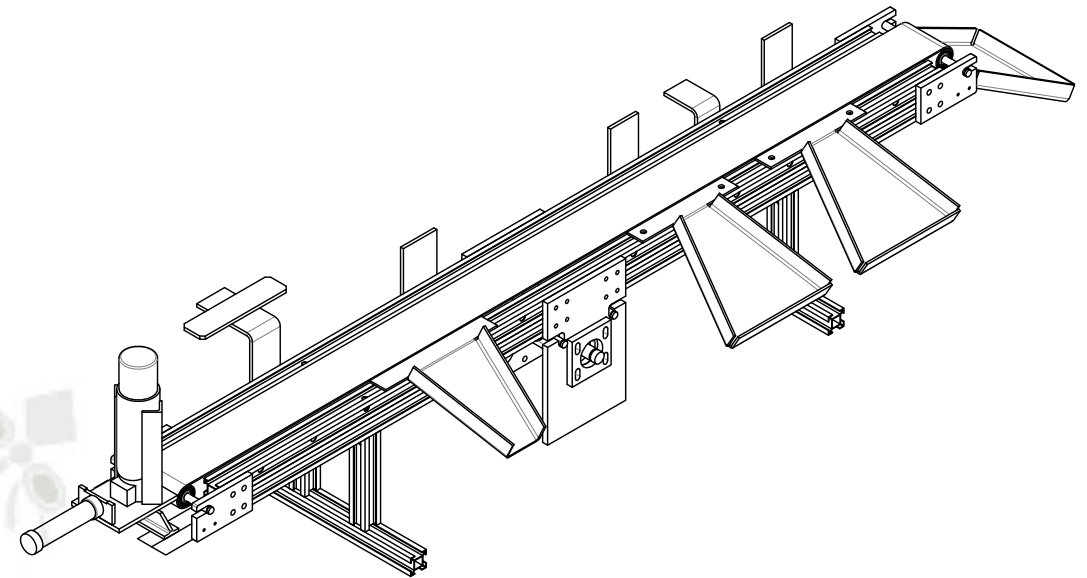
VISTA SUPERIOR
ESCALA: 1/5



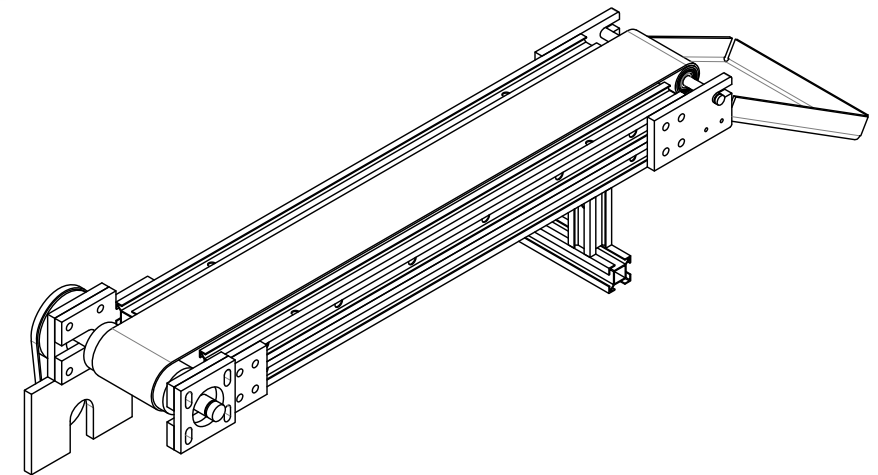
VISTA FRONTAL
ESCALA: 1/5



VISTA SUPERIOR
ESCALA: 1/5

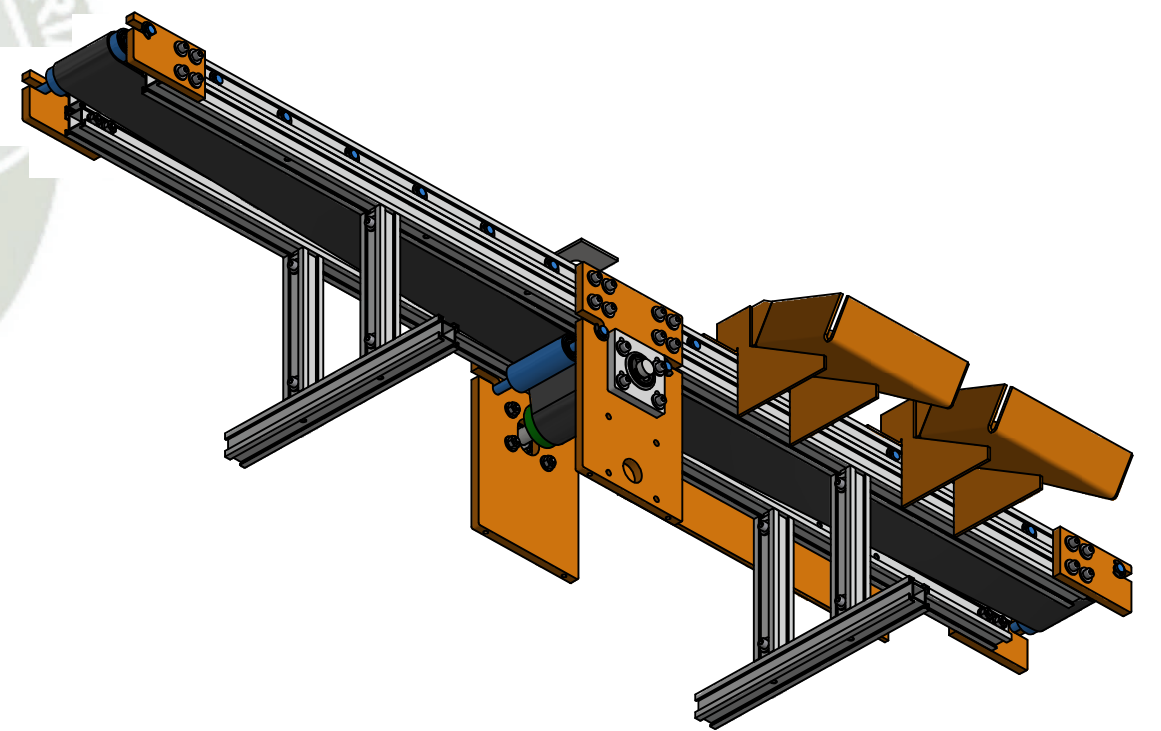
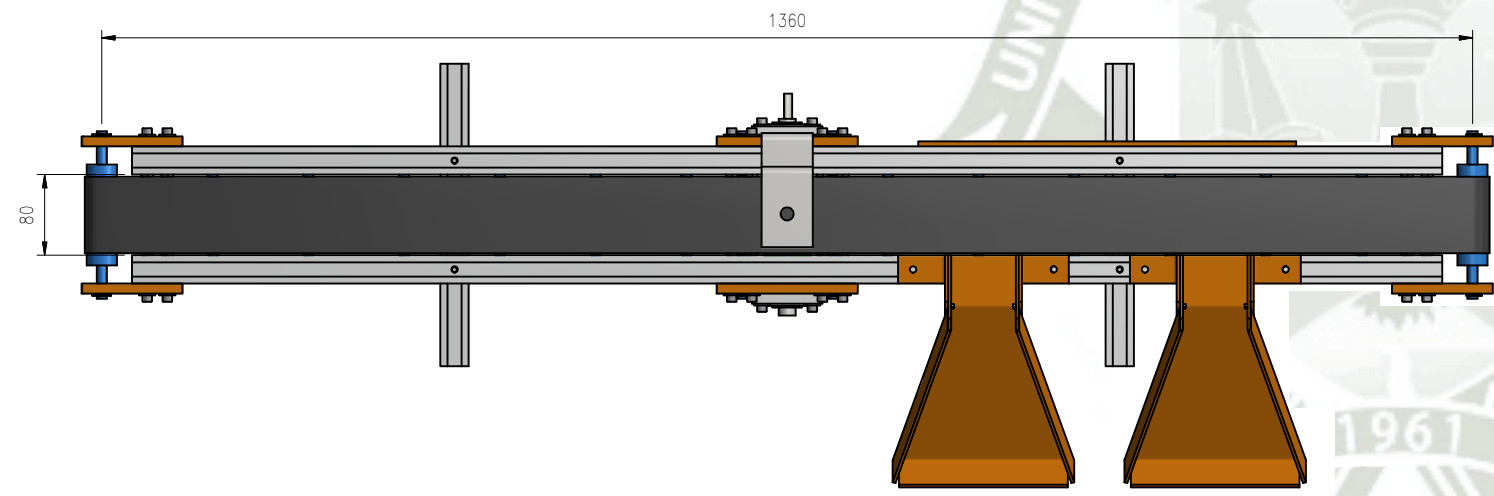
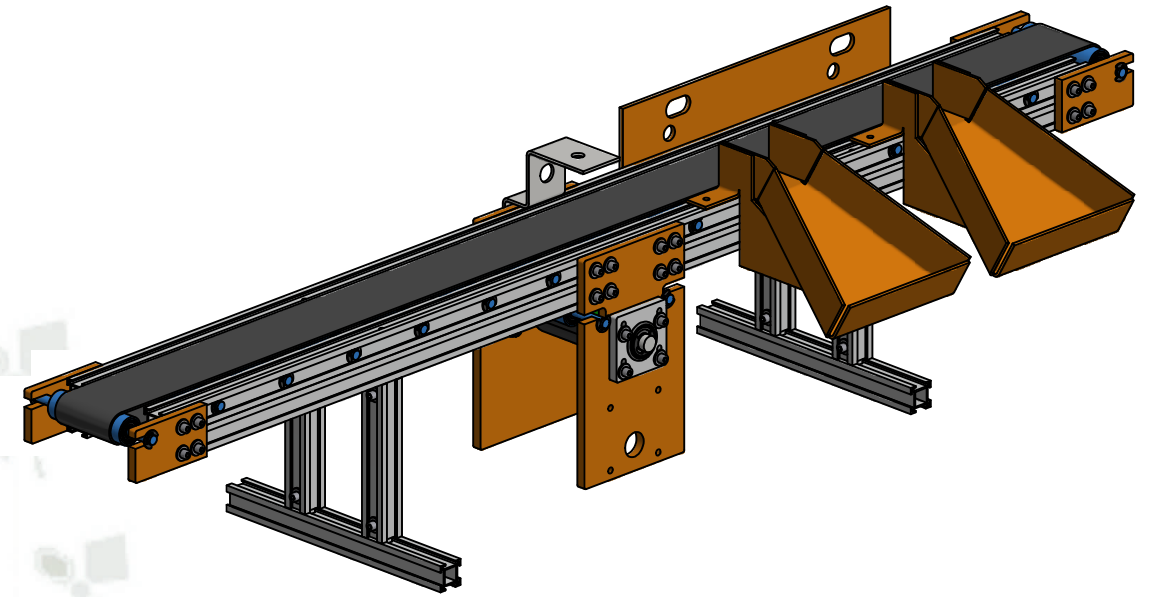
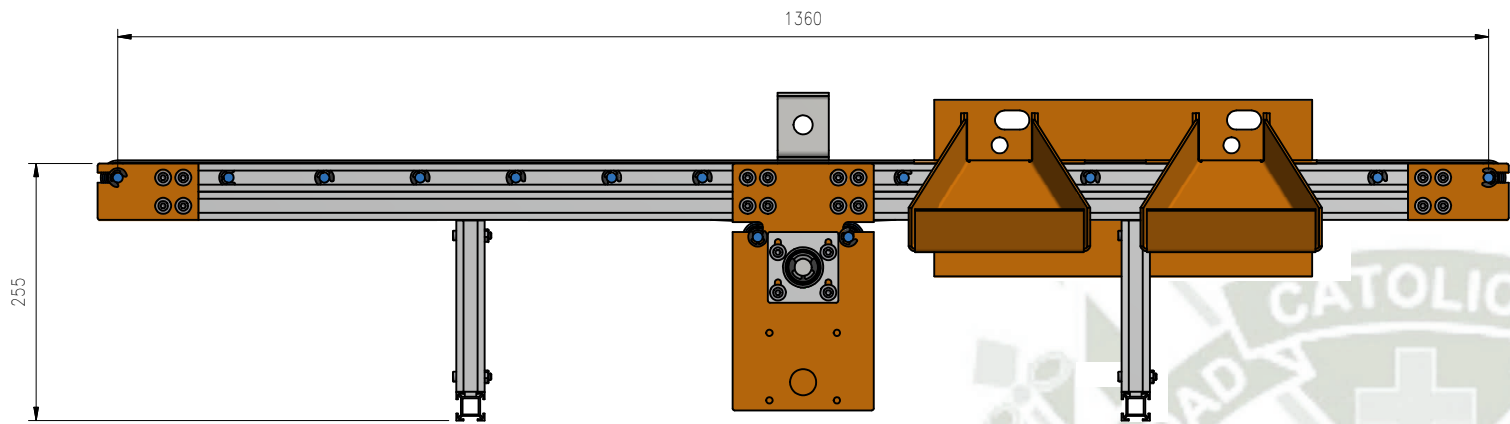


FAJA PRINCIPAL
ESCALA: 1/5




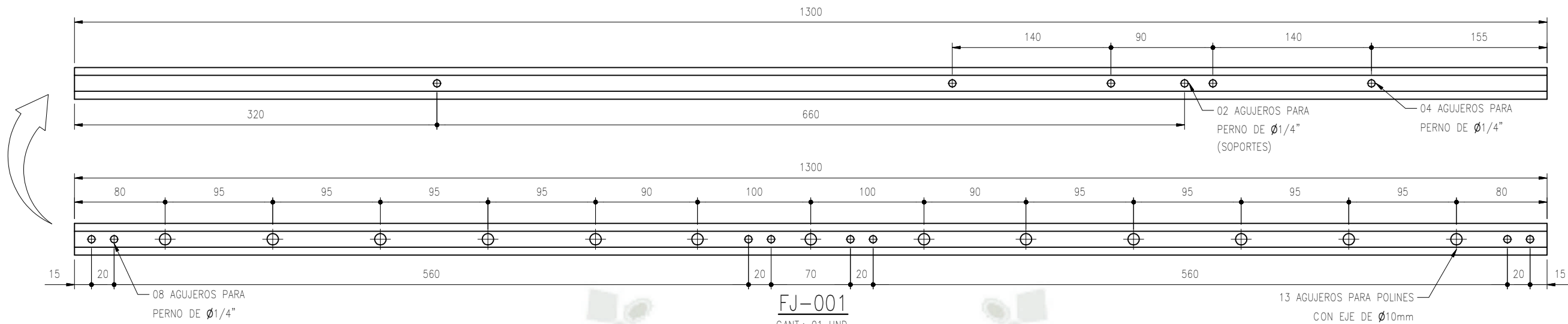
FAJA SECUNDARIA
ESCALA: 1/5

A menos que se especifique otra las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: Tolerancias: - Lineal: ± 0.054 (IT-9) - Angular:				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica		Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Dibujado	Nombres		Firmas	Fecha	Observaciones: Notas: Algunos componentes se acoplan funcionalmente con mostrar algunos detalles en las vistas auxiliares.	Título del Proyecto: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
	Revisado		H. Zegarra				
Aprobado		H. Zegarra			MATERIAL:	Nombre de Dibujo: Faja Principal	
					Peso:	Escala:	
						Hoja: 03	



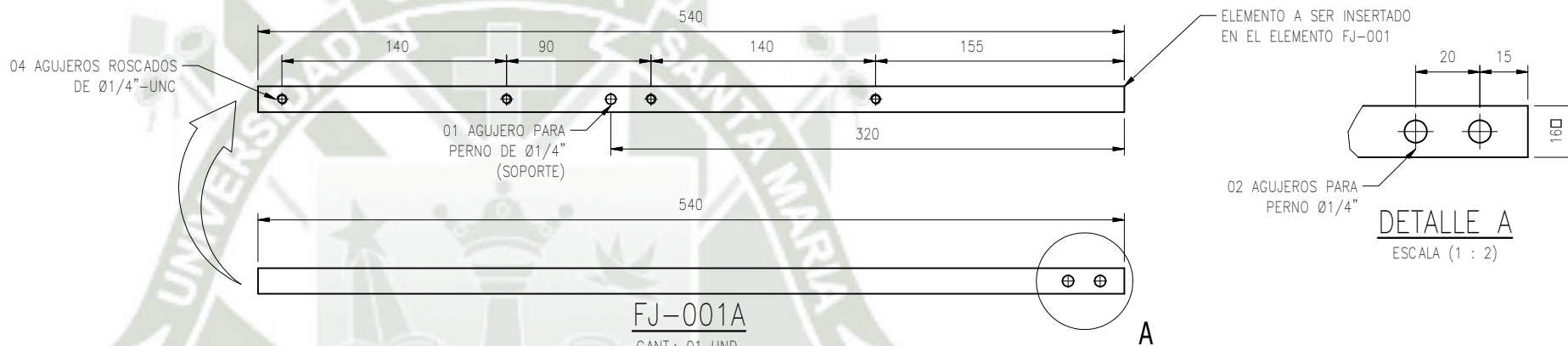
NOTA:
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.

A menos que se especifique otro, las dimensiones son en milímetros. Acabado superficial: Tolerancias: - Línea: ± 0.054 (IT-9) - Angular:				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica				Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
	Nombres		Firmas	Fecha	Observaciones: <i>Nota:</i> Algunas componentes se ocultan intencionalmente para mostrar algunos detalles en las vistas auxiliares.	Título del Proyecto: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial			
Dibujado	E.Vargas								
Revisado	H. Zegarra					CODIGO:			
Aprobado	H. Zegarra					MATERIAL:			
					Peso:	Escala:		Hoja: 04	
								A3	



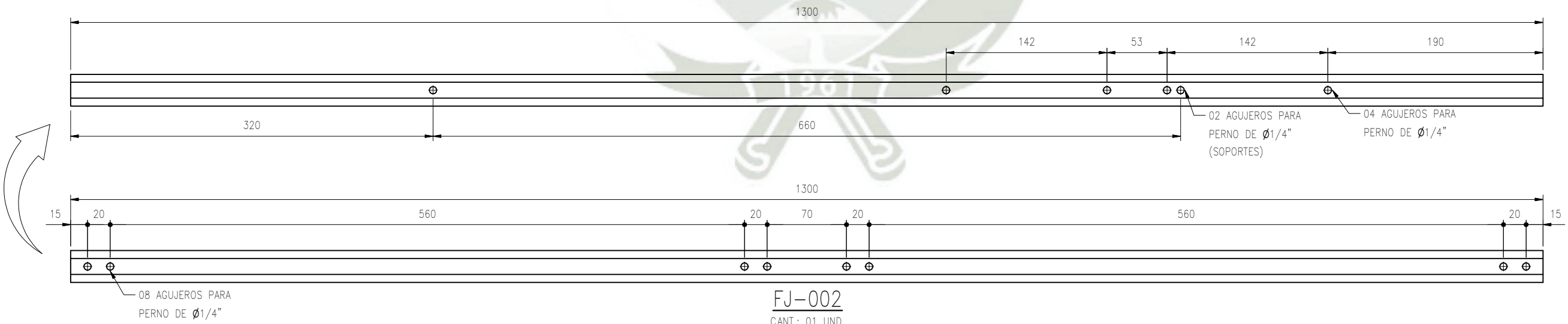
FJ-001

CANT.: 01 UND.
MATERIAL: ANSI 6063-T5
ESCALA: 1/4



FJ-001A

CANT.: 01 UND.
MATERIAL: ANSI 6063-T5
ESCALA: 1/4



FJ-002

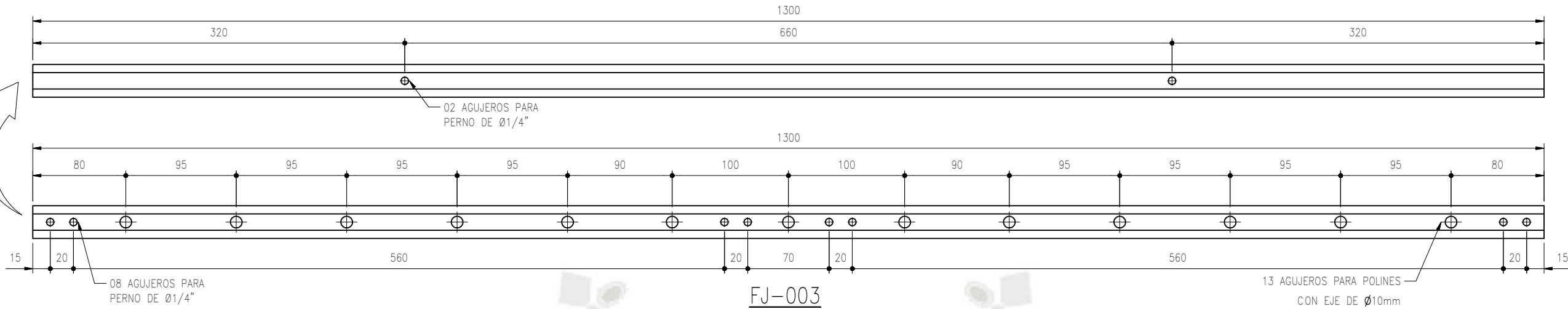
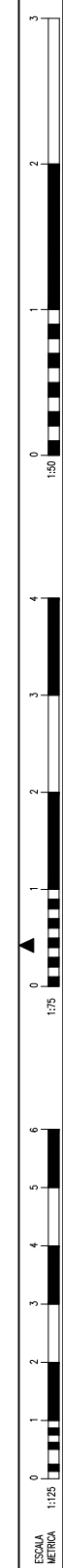
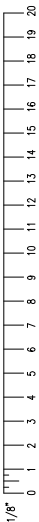
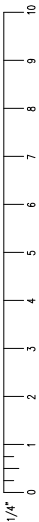
CANT.: 01 UND.
MATERIAL: ANSI 6063-T5
ESCALA: 1/4

NOTA:

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.

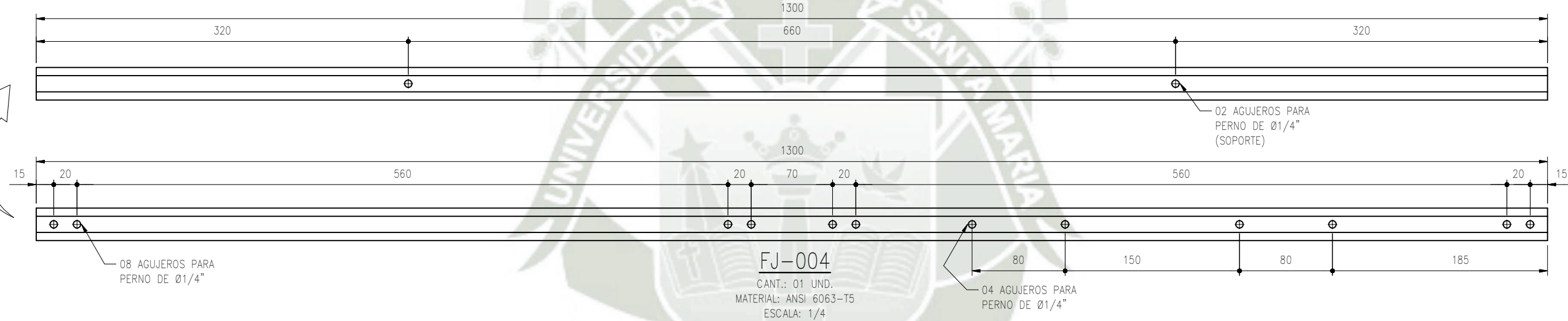
A menos que se especifique otro las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: - Línea: ± 0.054 (IT-9) - Regular:				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica		Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
	Nombres	Firmas	Fecha	Observaciones:		Título del Proyecto:	
Dibujado	E.Vargas			Nota: Algunos componentes se acortaron intencionalmente para mostrar algunos detalles en las vistas auxiliares.		Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Revisado	H. Zegarra						
Aprobado	H. Zegarra			MATERIAL:		Nombre de Dibujo:	
						Faja Principal	
				Peso:		Escala:	
						Hoja: 05	

A3



FJ-003

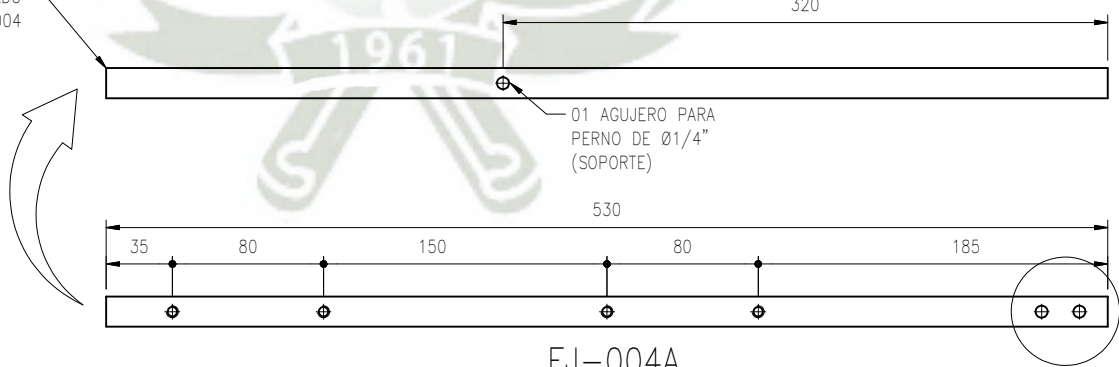
CANT.: 01 UND.
MATERIAL: ANSI 6063-T5
ESCALA: 1/4



FJ-004

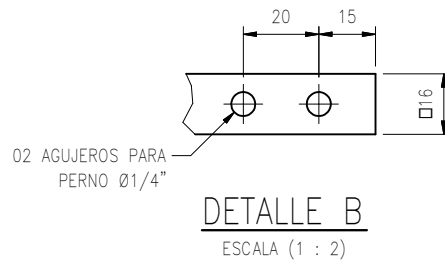
CANT.: 01 UND.
MATERIAL: ANSI 6063-T5
ESCALA: 1/4

ELEMENTO A SER INSERTADO
EN EL ELEMENTO FJ-004



FJ-004A

CANT.: 01 UND.
MATERIAL: ANSI 6063-T5
ESCALA: 1/4



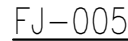
DETALLE B

ESCALA (1 : 2)

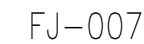
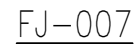
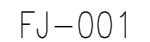
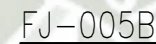
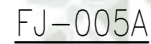
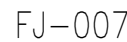
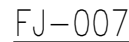
NOTA:

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.

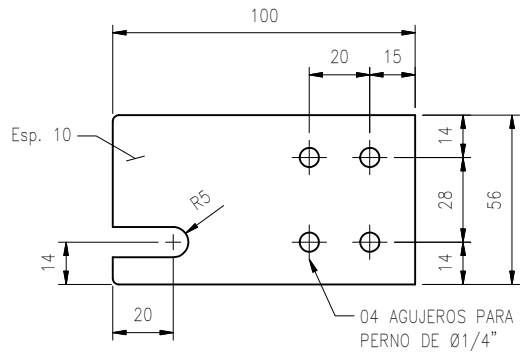
A menos que se especifique otro las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: Tolerancias: - Lineal: +/- 0.054 (IT-9) - Angular: Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica				Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Nombres		Firmas		Fecha	
Dibujado		E.Vargas		Observaciones:	
Revisado		H. Zegarra		Título del Proyecto:	
Aprobado		H. Zegarra		Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
MATERIAL:		Nombre de Dibujo:		Faja Principal	
Peso:		Escala:		Hoja: 06	



FJ-006

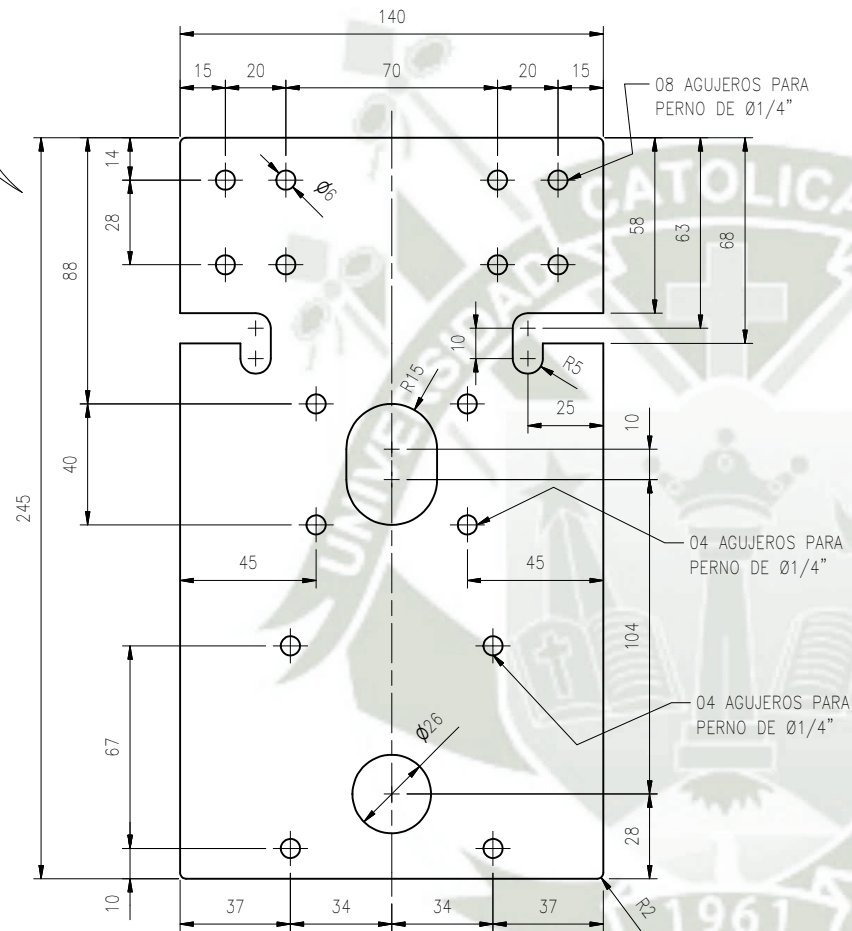
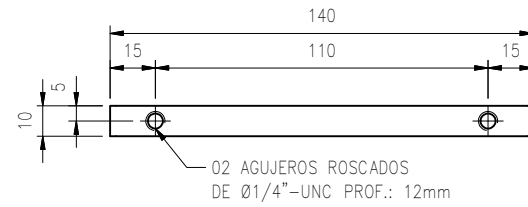


NOTA:
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.



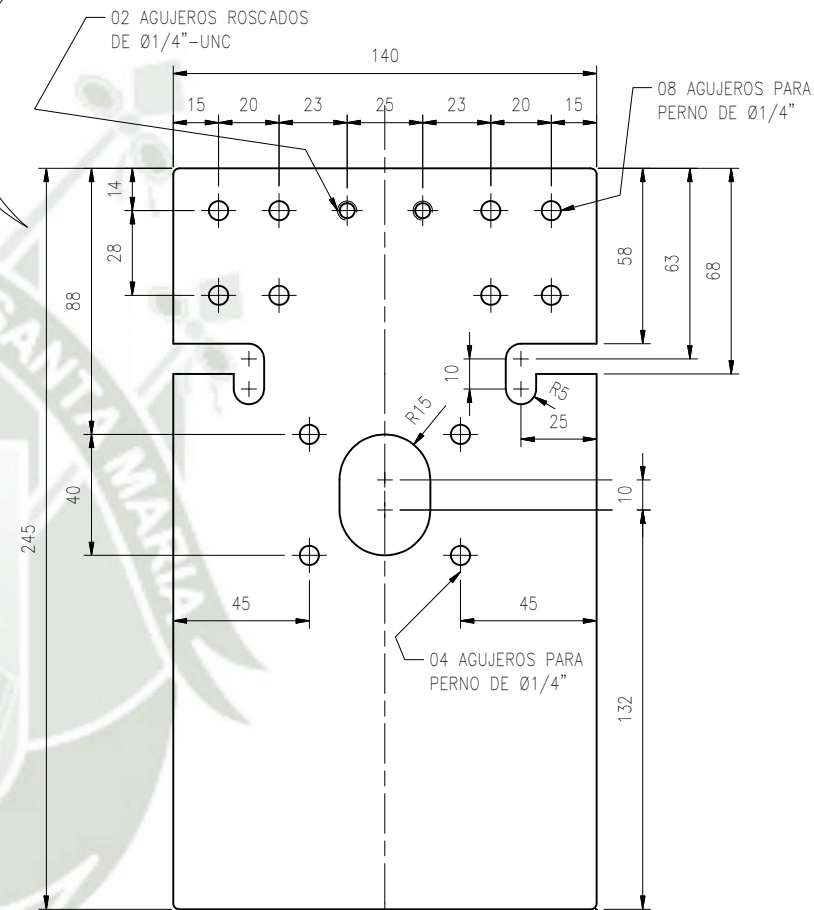
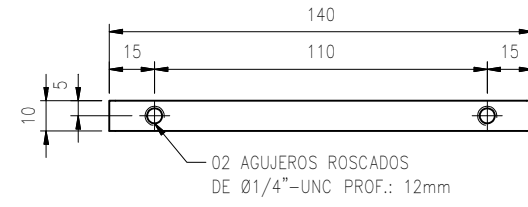
FJ-007

CANT.: 06 UND.
MATERIAL: ANSI 356.0-T6
ESCALA: 1/4



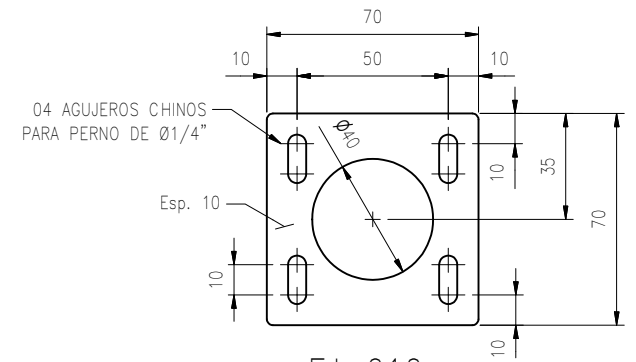
FJ-008

CANT.: 01 UND.
MATERIAL: ANSI 356.0-T6
ESCALA: 1/4



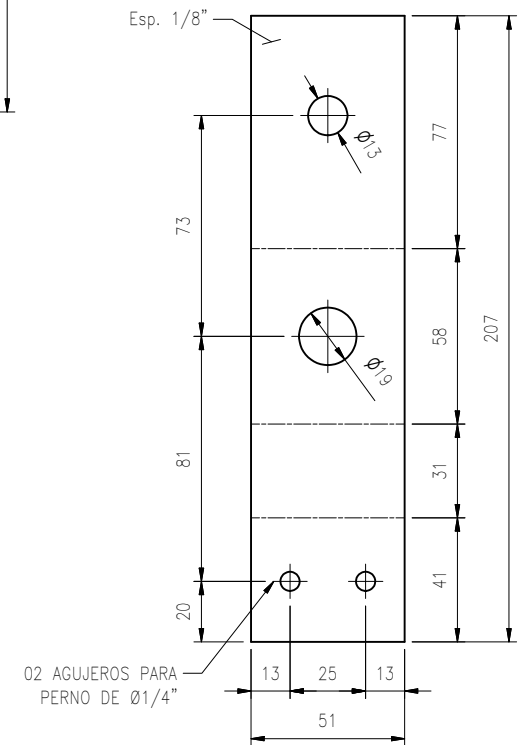
FJ-009

CANT.: 01 UND.
MATERIAL: ANSI 356.0-T6
ESCALA: 1/4



FJ-010

CANT.: 03 UND.
MATERIAL: ANSI 356.0-T6
ESCALA: 1/4



FJ-011

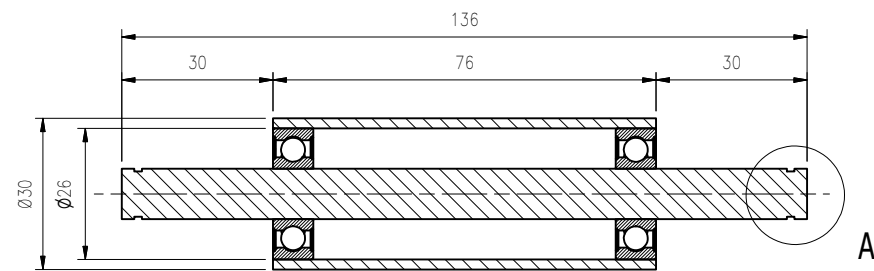
CANT.: 01 UND.
MATERIAL: ANSI 6063-T5
ESCALA: 1/4

NOTA:

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.

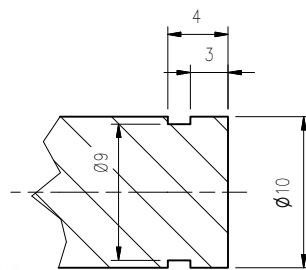
A menos que se especifique otro las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: Tolerancias: - Línea: +/-0.054 (IT-9) - Angular:				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica		Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Dibujado		Firmas		Fecha		Observaciones:	
Revisado		Firmas		Fecha		Título del Proyecto:	
Aprobado		Firmas		Fecha		Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
						Nombre de Dibujo:	
						Escala:	
						Hoja: 08	

A3



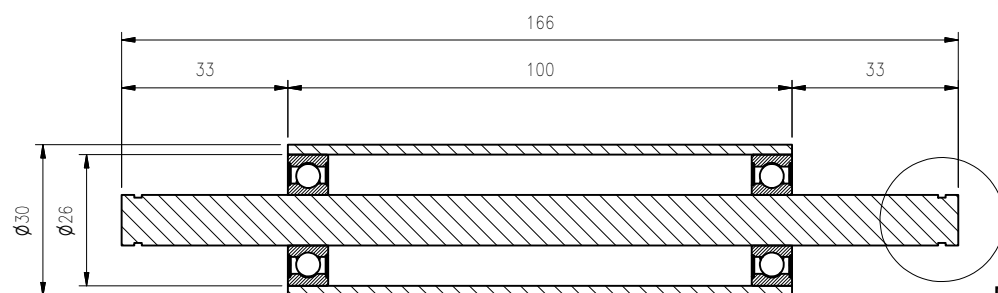
FJ-012

CANT.: 19 UND.
RODAMIENTO: 6000-2Z
MATERIAL POLIN: ANSI 6063-T5
MATERIAL EJE: AISI 1020
ESCALA (1 : 1.5)



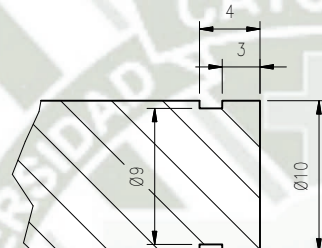
DETALLE A

ESCALA (2 : 1)



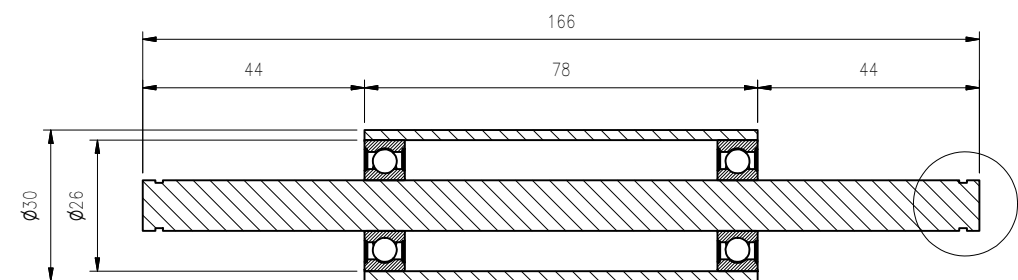
FJ-013

CANT.: 03 UND.
RODAMIENTO: 6000-2Z
MATERIAL POLIN: ANSI 6063-T5
MATERIAL EJE: AISI 1020
ESCALA(1 : 1.5)



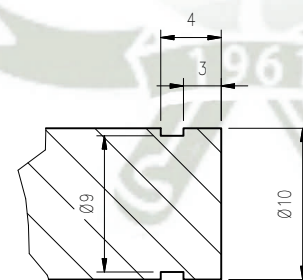
DETALLE B

ESCALA (2 : 1)



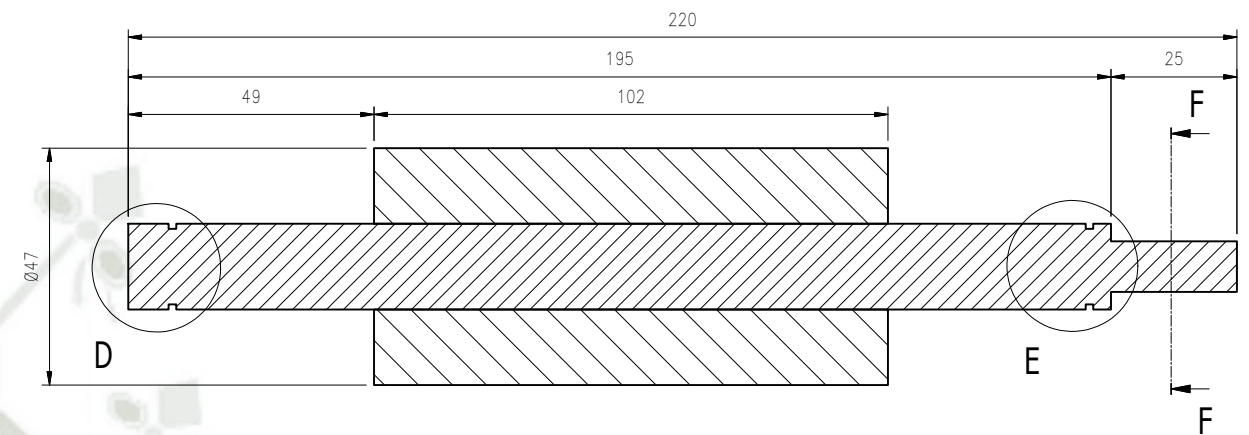
FJ-014

CANT.: 02 UND.
RODAMIENTO: 6000-2Z
MATERIAL POLIN: ANSI 6063-T5
MATERIAL EJE: AISI 1020
ESCALA (1 : 1.5)



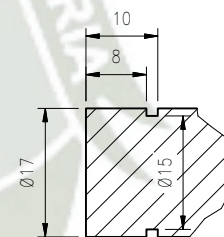
DETALLE C

ESCALA (2 : 1)



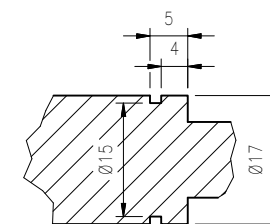
FJ-015

CANT.: 02 UND.
MATERIAL POLIN: NYLON
MATERIAL EJE: AISI 1020
ESCALA (1 : 1.5)



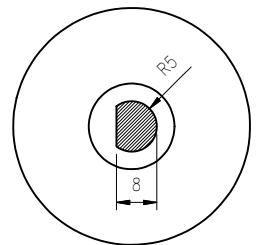
DETALLE D

ESCALA (1:1)



DETALLE E

ESCALA (1:1)

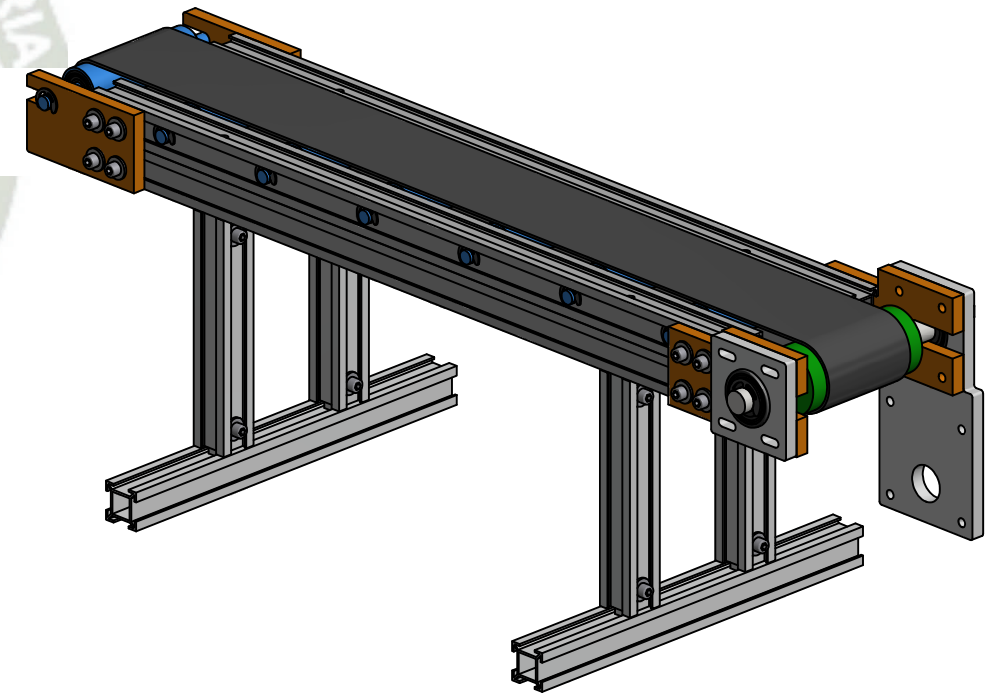
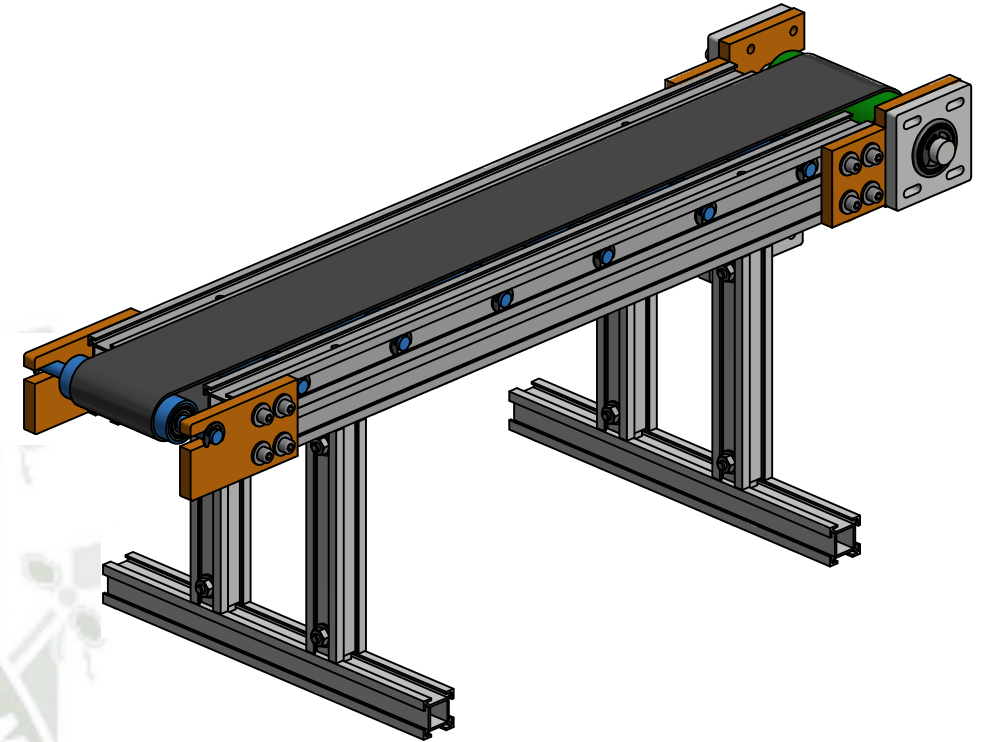
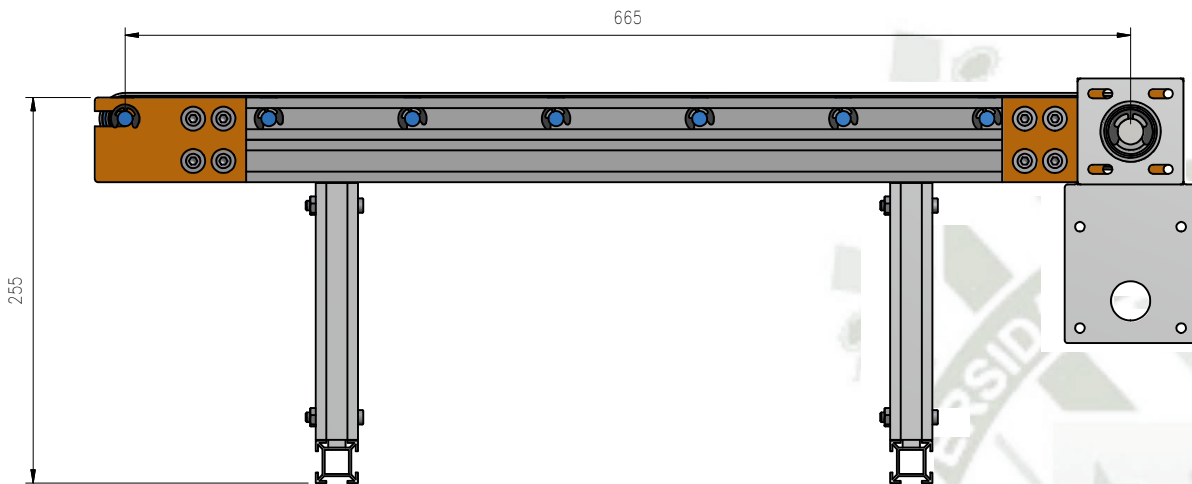


SECCION F-F

ESCALA (1 : 1.5)

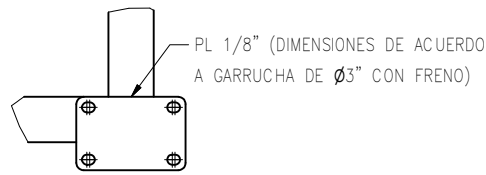
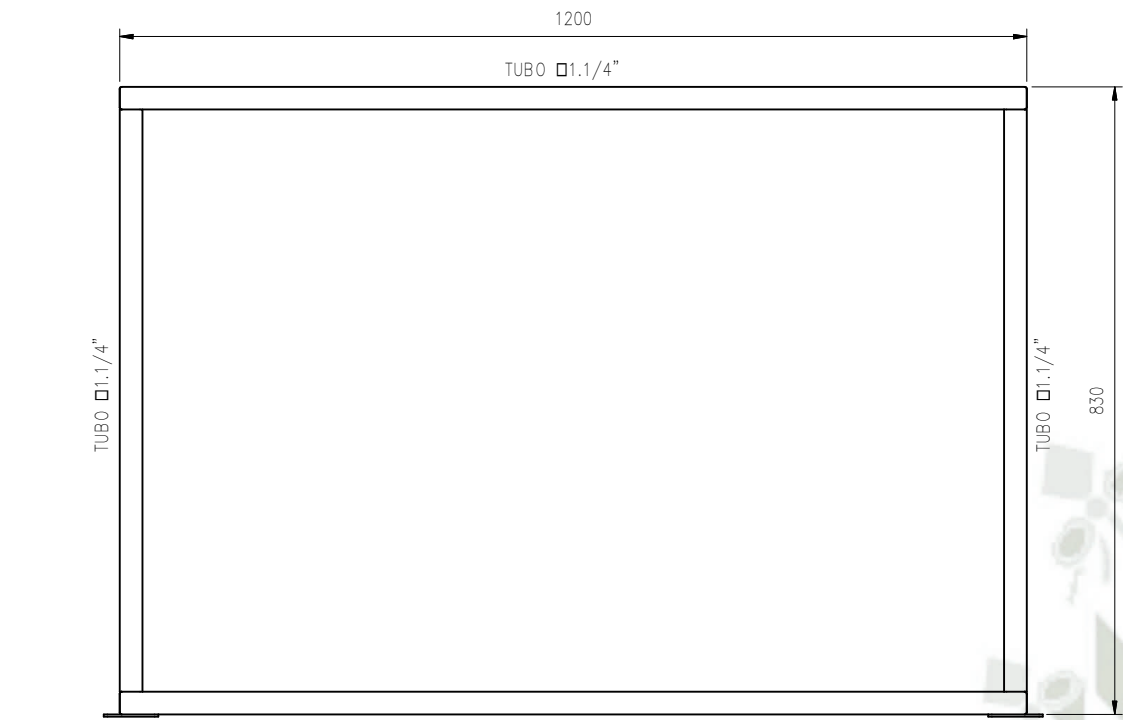
NOTA:
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.

A menos que se especifique otro, las dimensiones son en milímetros. Acabado superficial: - Línea: +/-0.054 (IT-9) - Regular:				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica		Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Dibujado		E. Vargas		Firmas		Título del Proyecto:	
Revisado		H. Zegarra		Fecha		Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Aprobado		H. Zegarra		Observaciones:		Nombre de Dibujo:	
				Notas: Algunos componentes se acortaron intencionalmente para mostrar algunos detalles en las vistas auxiliares.		Polines	
				CODIGO:			
				MATERIAL:			
				Peso:		Escala:	
						Hoja: 09	

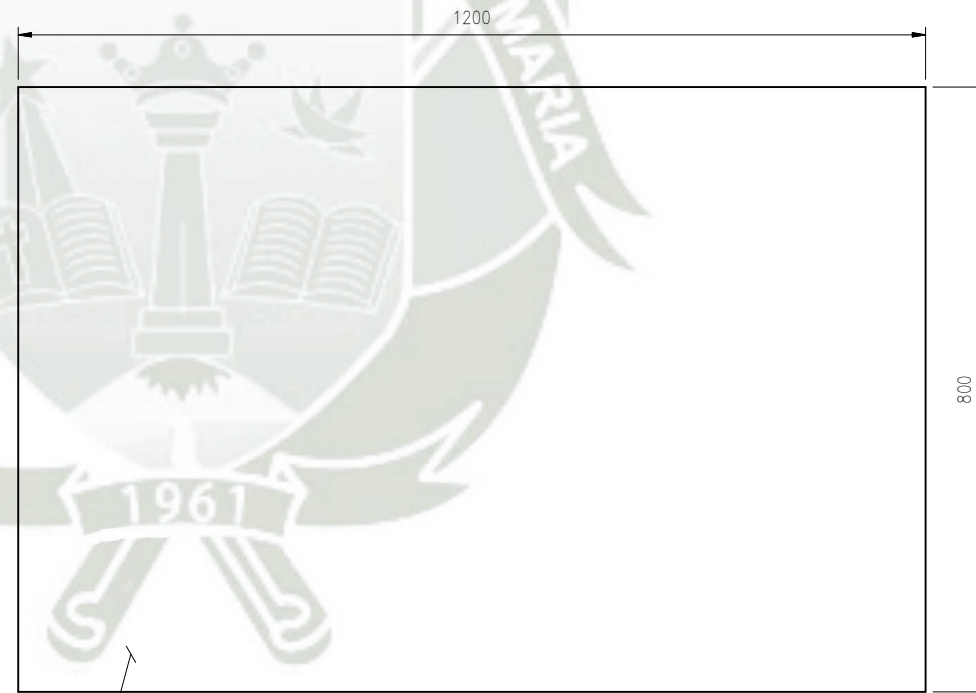
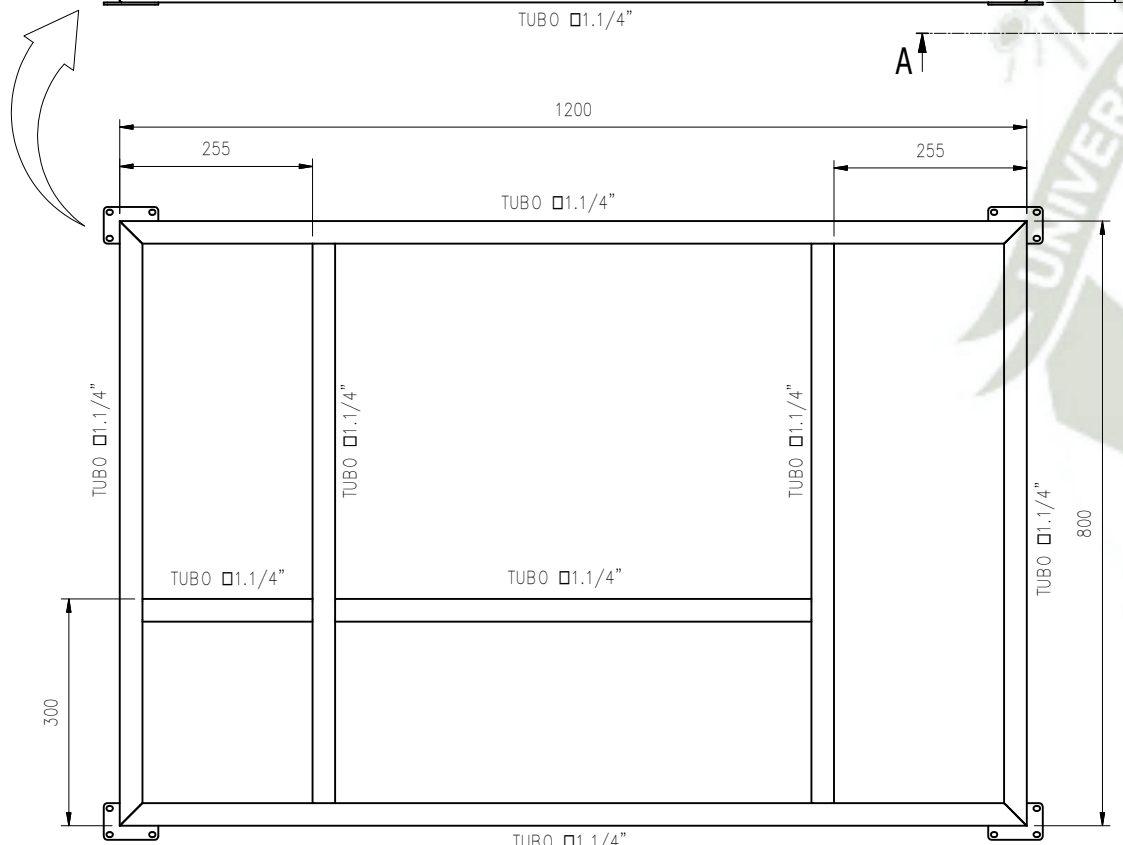


NOTA:
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.

A menos que se especifique otro las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: Tolerancias: - Línea: ± 0.054 (IT-9) - Regular:				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica	Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
	Nombres	Firmas	Fecha	Observaciones:	Título del Proyecto: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Dibujado	E. Vargas			Notas: Algunas componentes se acortaron intencionalmente para mostrar algunas detalles en los vistas auxiliares.		
Revisado	H. Zegarra			CODIGO:	Nombre de Dibujo: Faja Secundaria	
Aprobado	H. Zegarra			MATERIAL:		
					Escala:	
				Peso:		
					Hoja: 10	

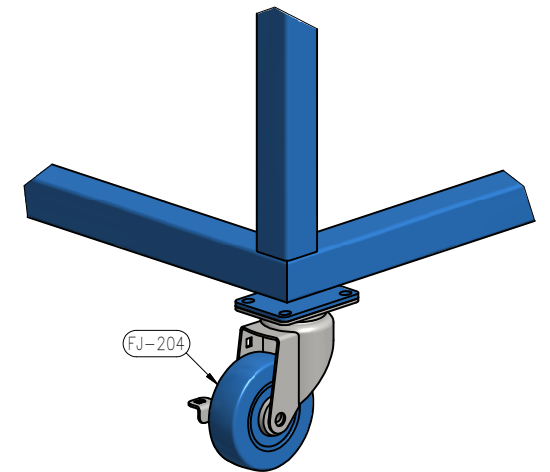
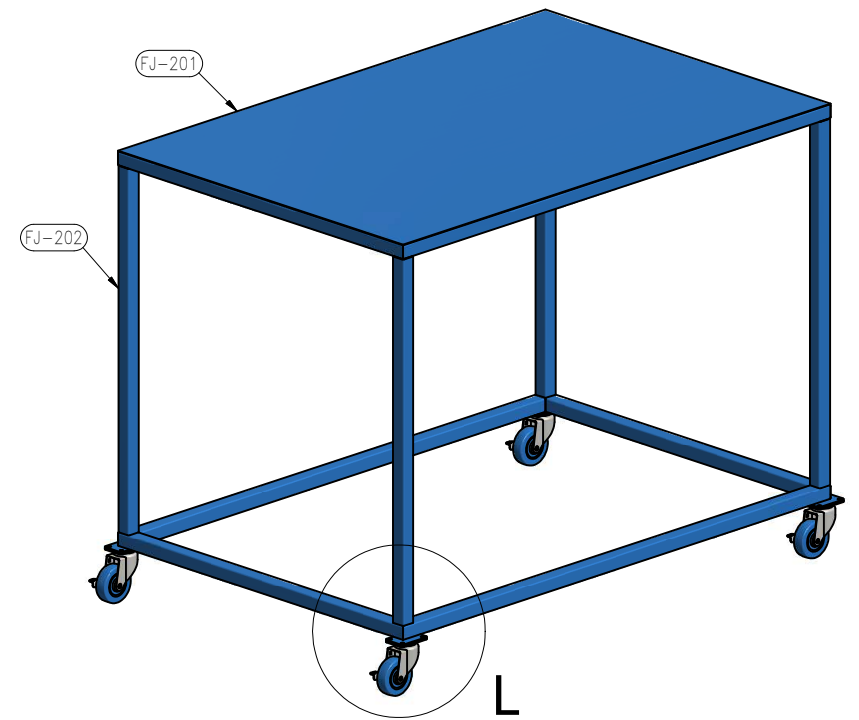


VISTA A-A
ESCALA (1 : 5)



PL 1/16"

FJ-202
CANT.: 01 UND.
MATERIAL: ASTM-A36
ESCALA: 1/10



L (1:5)

NOTA:
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.

A menos que se especifique otro, las dimensiones son en milímetros. Acabado superficial: Tolerancias: - Línea: +/-0.054 (IT-9) - Regular:				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica	Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
	Nombres	Firmas	Fecha	Observaciones:	Título del Proyecto: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Dibujado	E. Vargas			Notas: Algunas componentes se acortaron intencionalmente para mostrar algunas detalles en las vistas auxiliares.		
Revisado	H. Zegarra			CODIGO:	Nombre de Dibujo: Carrito Transportador	
Aprobado	H. Zegarra			MATERIAL:		
				Peso:	Escala:	Hoja: 12




ANEXO 17

PLANOS ELÉCTRICOS

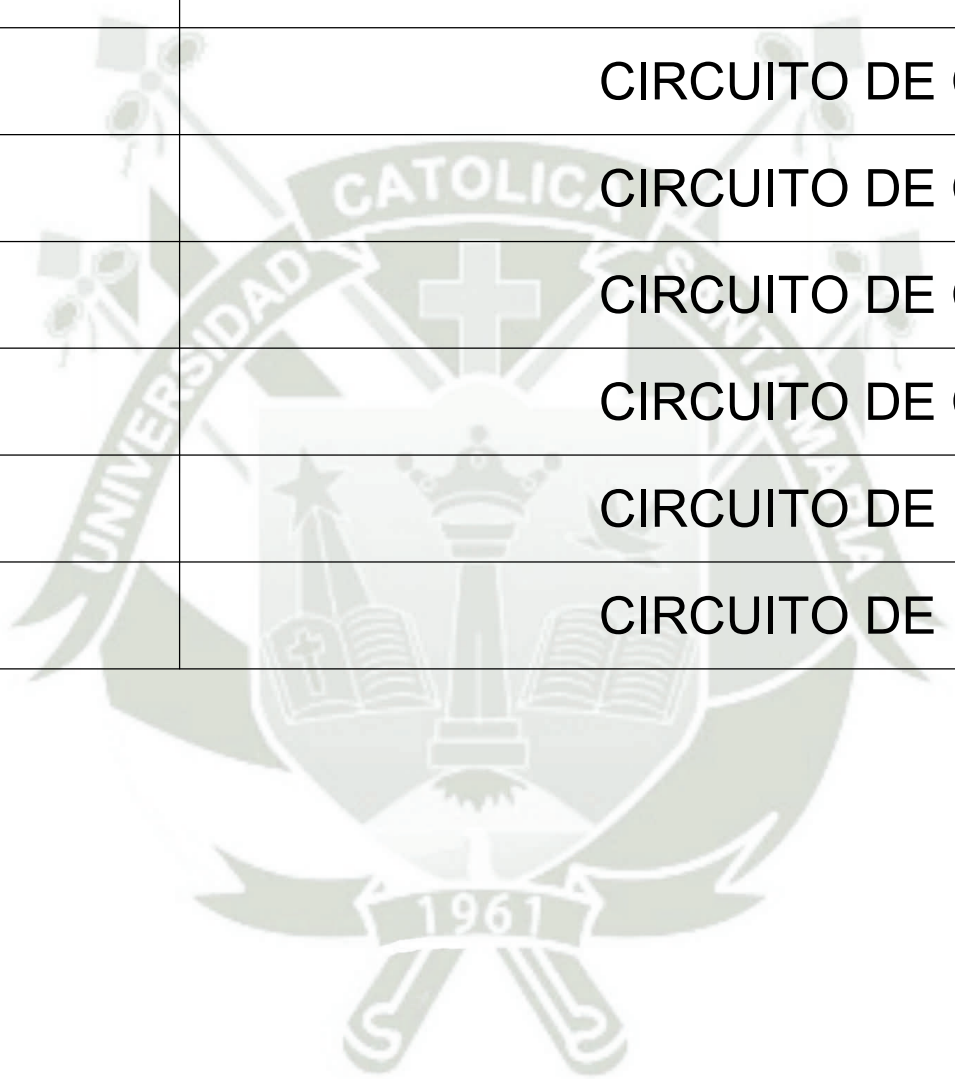
INGENIERIA PARA EL SISTEMA
TABLERO DE MODULO DE SELECCIÓN DE
MATERIALES

UBICACIÓN AREQUIPA
TENSIÓN DE FUERZA Y MANDO 220VAC/24VDC
PLANOS PLANOS CONEXIONADO
AÑO 2019

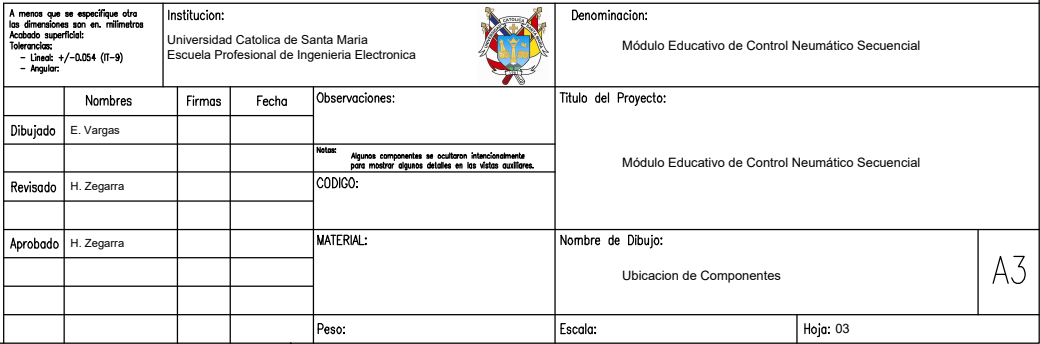
<small>A menos que se especifique otro las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: Tolerancias: - Lineal: +/-0.054 (11-9) - Angular:</small>				<small>Institución:</small> Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica		 <small>Denominación:</small> Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial			
<small>Nombres</small>		<small>Firmas</small>		<small>Fecha</small>		<small>Observaciones:</small>		<small>Título del Proyecto:</small> Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
<small>Dibujado</small>						<small>Notas:</small> Algunos componentes se ocultaron intencionalmente para mostrar algunos detalles en los vistas auxiliares.			
<small>Revisado</small>						<small>CODIGO:</small>			
<small>Aprobado</small>						<small>MATERIAL:</small>		<small>Nombre de Dibujo:</small>	
								Hoja de Presentacion	
								A3	
						<small>Peso:</small>		<small>Escala:</small>	
								<small>Hoja: 01</small>	



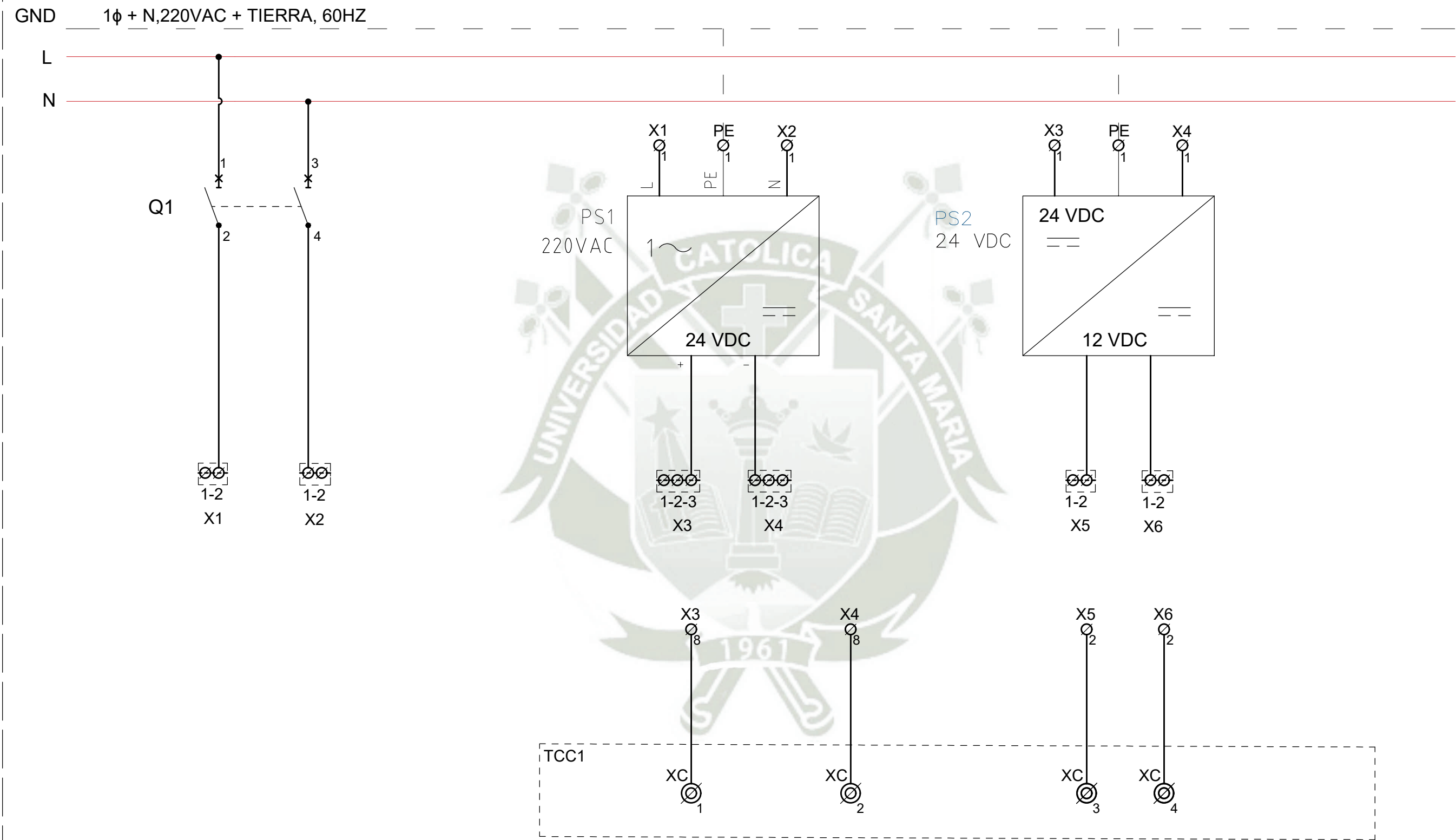
ITEM	N° DE PLANO	DESCRIPCION
1	PAG-003	UBICACIÓN DE COMPONENTES
2	PAG-004	CIRCUITO DE CONTROL 1
3	PAG-005	CIRCUITO DE CONTROL 2
4	PAG-006	CIRCUITO DE CONTROL 3
5	PAG-007	CIRCUITO DE CONTROL 4
6	PAG-008	CIRCUITO DE CONTROL 5
7	PAG-009	CIRCUITO DE FUERZA 1
8	PAG-010	CIRCUITO DE FUERZA 2



<small>A menos que se especifique otro las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: Tolerancias: - Lineal: +/-0.054 (IT-9) - Angular:</small>				<small>Institución:</small> Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica		<small>Denominación:</small> Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial				
<small>Dibujado</small> E. Vargas		<small>Firmas</small>		<small>Fecha</small>		<small>Observaciones:</small>		<small>Título del Proyecto:</small> Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial		
<small>Revisado</small> H. Zegarra						<small>Notas:</small> Algunos componentes se ocultaron intencionalmente para mostrar algunos detalles en los vistas auxiliares. <small>CODIGO:</small>				
<small>Aprobado</small> H. Zegarra						<small>MATERIAL:</small>		<small>Nombre de Dibujo:</small> Indice		A3
						<small>Peso:</small>		<small>Escala:</small>		
										<small>Hoja: 02</small>

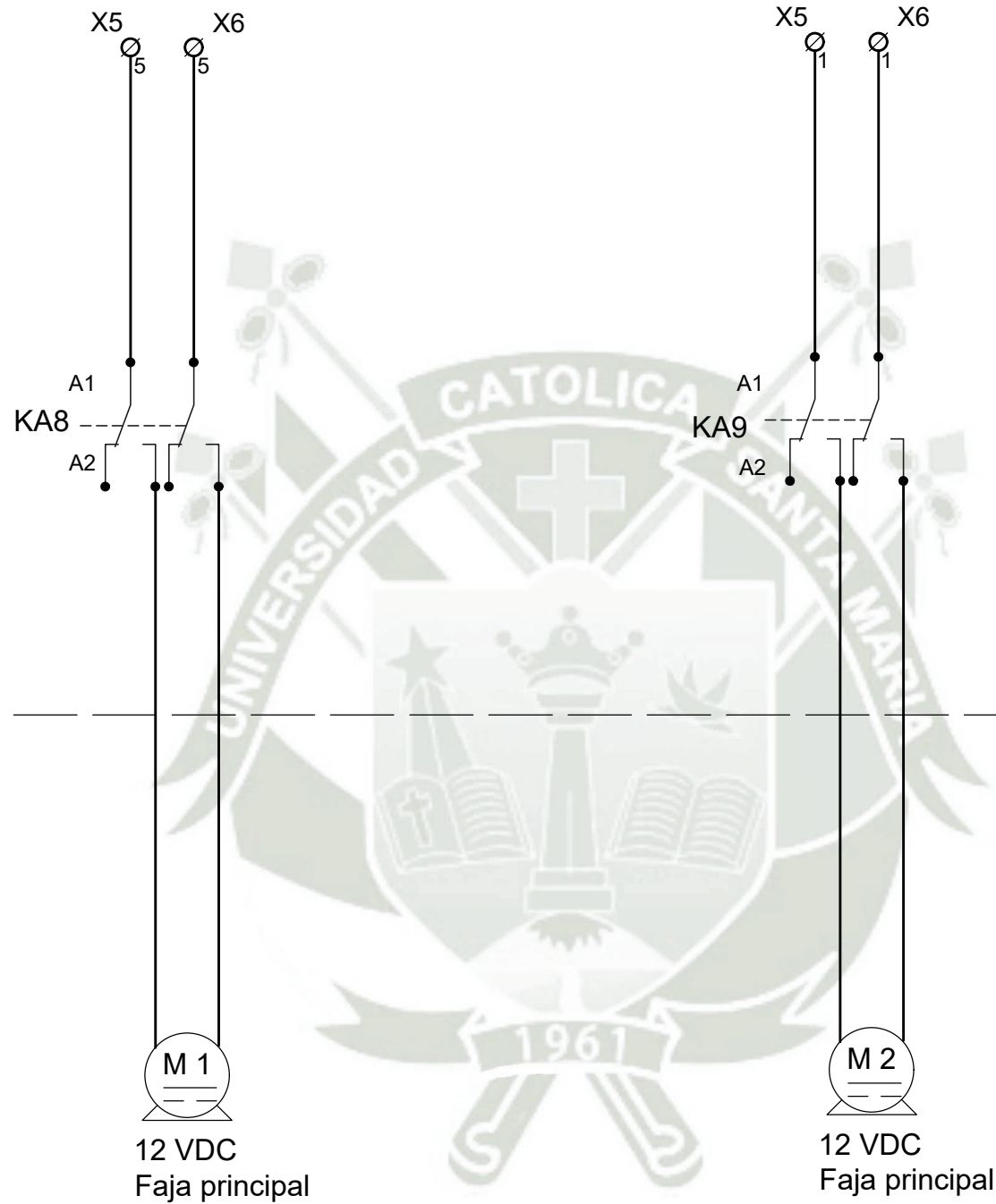



TPC1

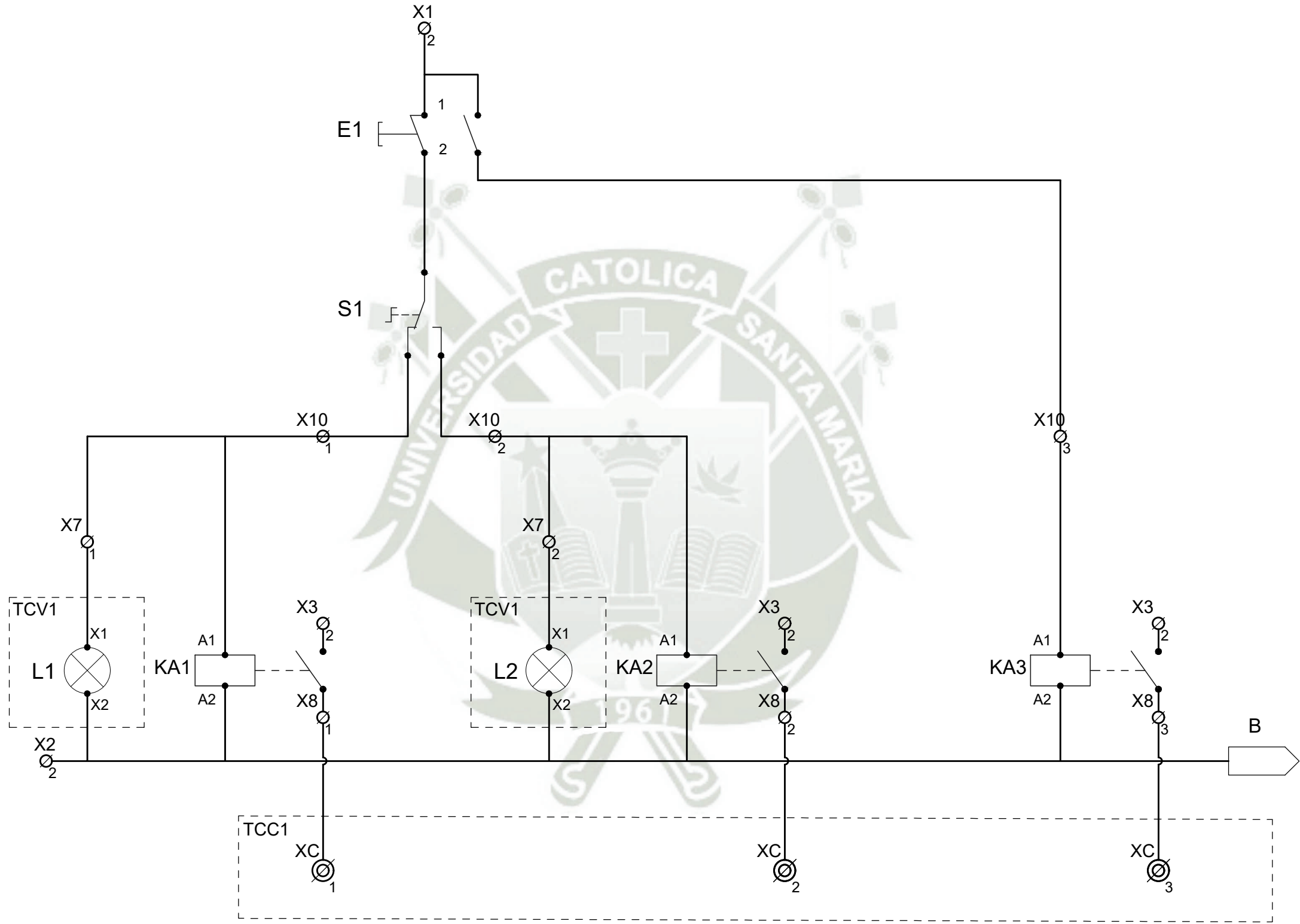


A menos que se especifique otro las dimensiones son en milímetros. Acabado superficial: Tolerancias: - Lineal: +/- 0.054 (IT-9) - Angular:				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica		Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Dibujado		Firmas		Fecha		Observaciones:	
Revisado		Firmas		Fecha		Título del Proyecto:	
Aprobado		Firmas		Fecha		Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
						CODIGO:	
						MATERIAL:	
						Nombre de Dibujo:	
						Circuito de Fuerza 1	
						Peso:	
						Escala:	
						Hoja: 04	

TPC1

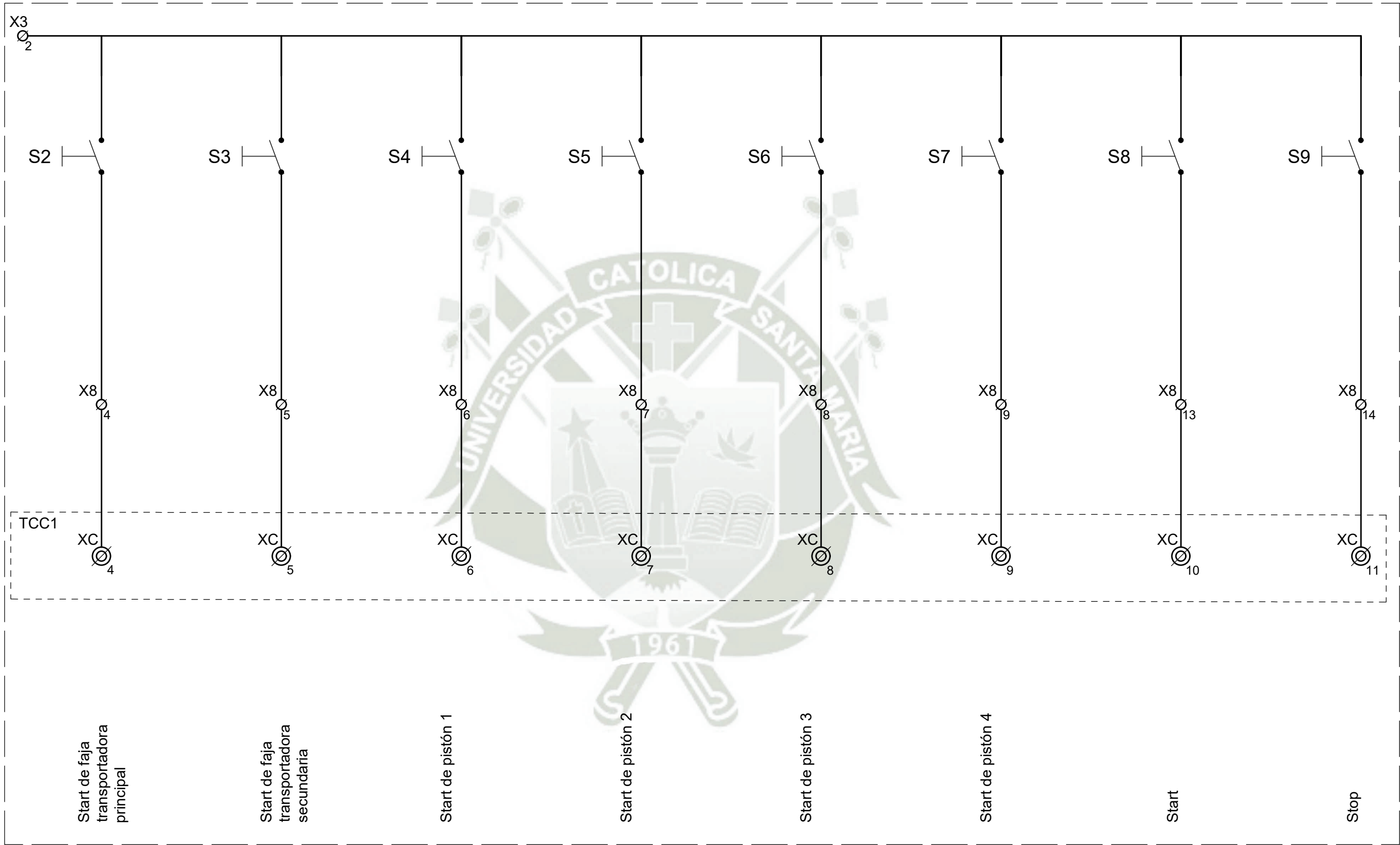



A menos que se especifique otra las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: Tolerancias: - Lineal: +/-0.054 (IT-9) - Angular:		Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electronica			Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
	Nombres	Firmas	Fecha		Observaciones:	Título del Proyecto: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial
Dibujado	E. Vargas			Notas: Algunos componentes se ocultaron intencionalmente para mostrar algunos detalles en las vistas auxiliares.		
Revisado	H. Zegarra						CODIGO:
Aprobado	H. Zegarra			MATERIAL:		Nombre de Dibujo: Circuito de Fuerza 2	A3
				Peso:	Escala:	Hoja: 05



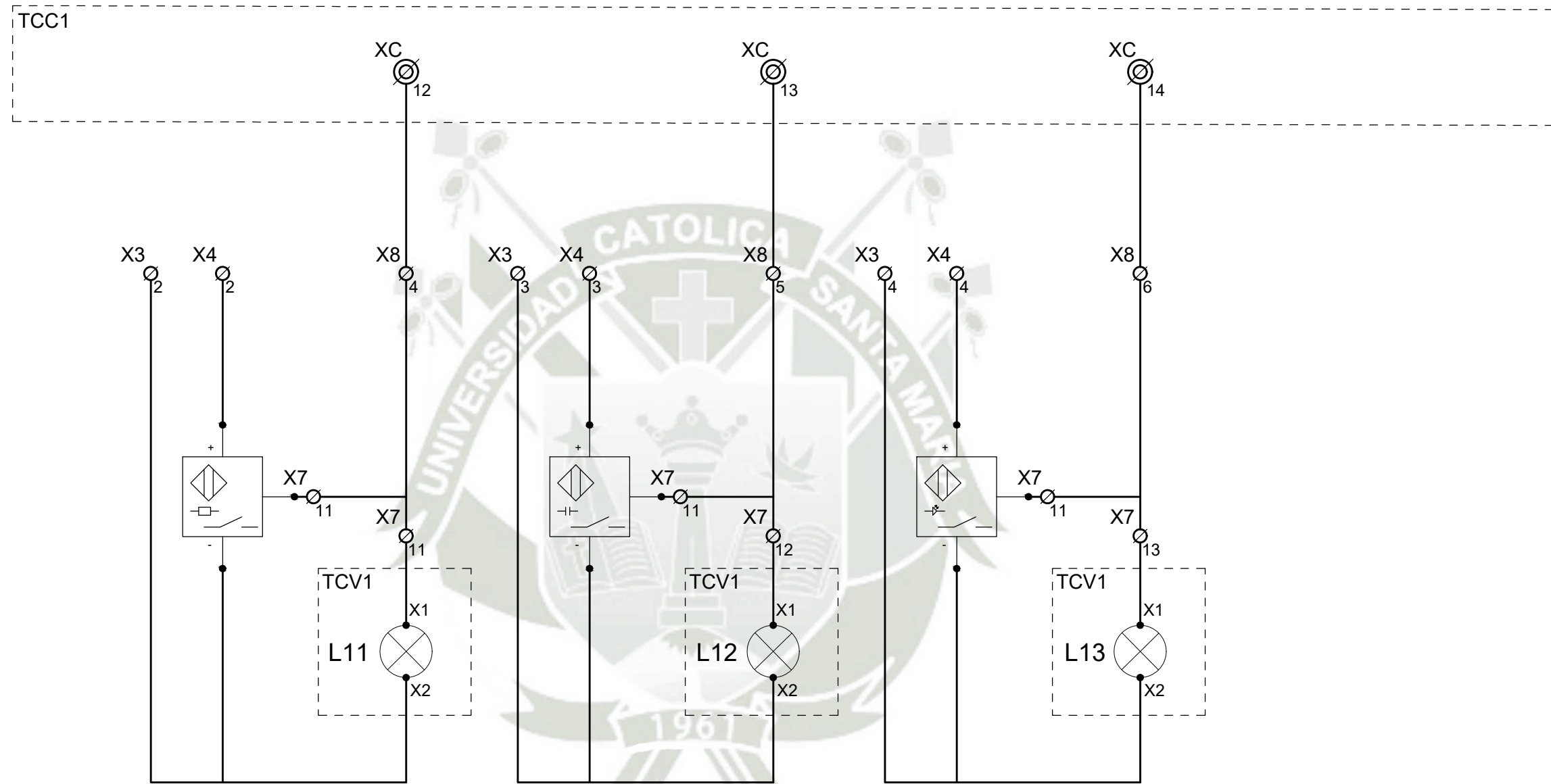
A menos que se especifique otro las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: Tolerancias: - Lineal: +/-0.054 (IT-9) - Angular:				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica		Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
Dibujado		Firmas		Fecha		Observaciones:	
Revisado		Firmas		Fecha		Título del Proyecto:	
Aprobado		Firmas		Fecha		Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
						Nombre de Dibujo:	
						Circuito de Control 1	
						Escala:	
						Hoja: 06	

TPC1



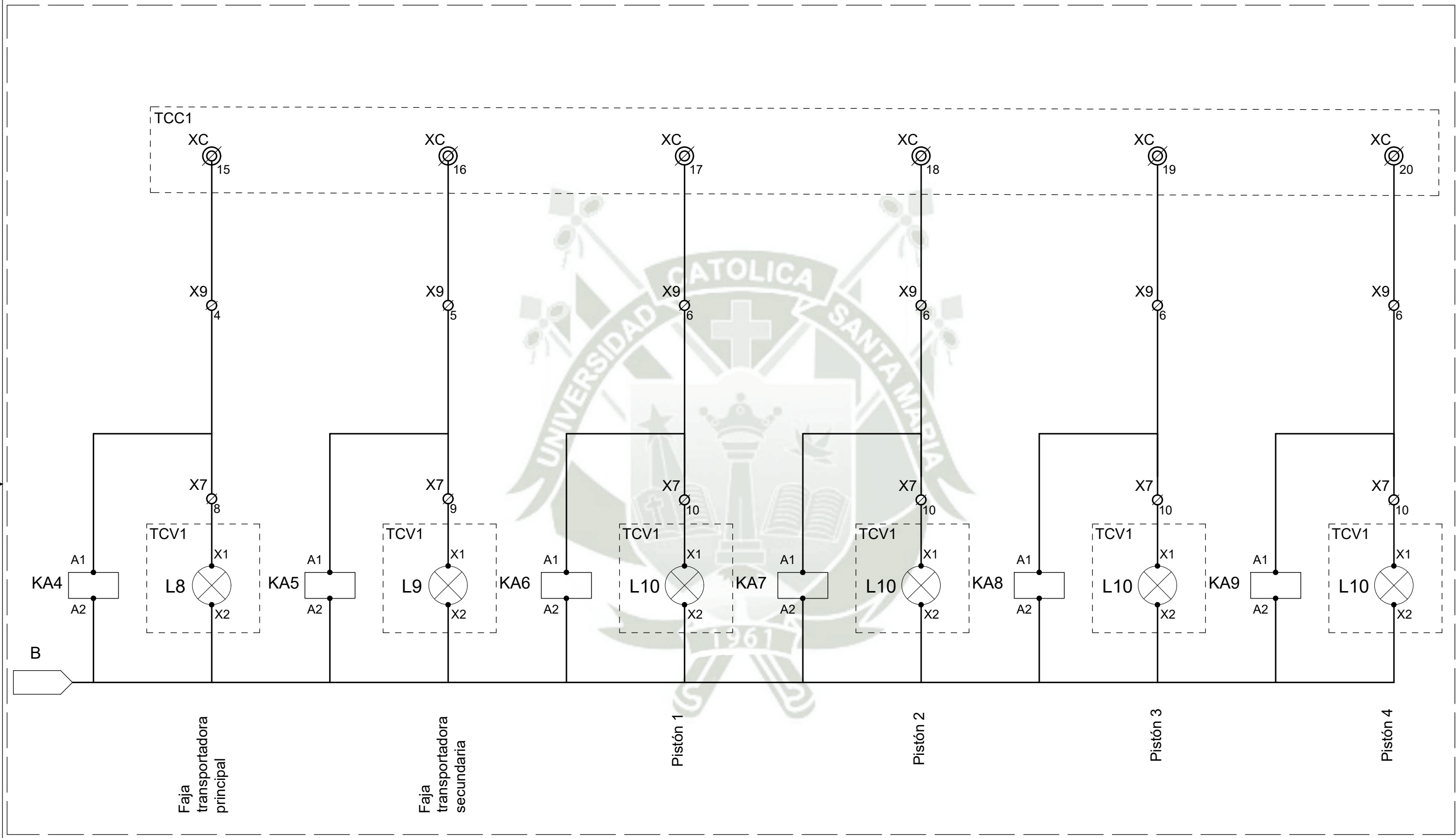
<small>A menos que se especifique otro las dimensiones son en milímetros. Acabado superficial: Tolerancias: - Lineal: +/-0.054 (IT-9) - Angular:</small>				Institución: Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica				Denominación: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial		
Dibujado E. Vargas		Firmas		Fecha		Observaciones:		Título del Proyecto: Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial		
Revisado H. Zegarra						Notas: Algunos componentes se ocultaron intencionalmente para mostrar algunos detalles en los vistas auxiliares.				
Aprobado H. Zegarra						CODIGO:				
						MATERIAL:		Nombre de Dibujo: Circuito de Control 2		A3
						Peso:		Escala:		
								Hoja: 07		


TPC1

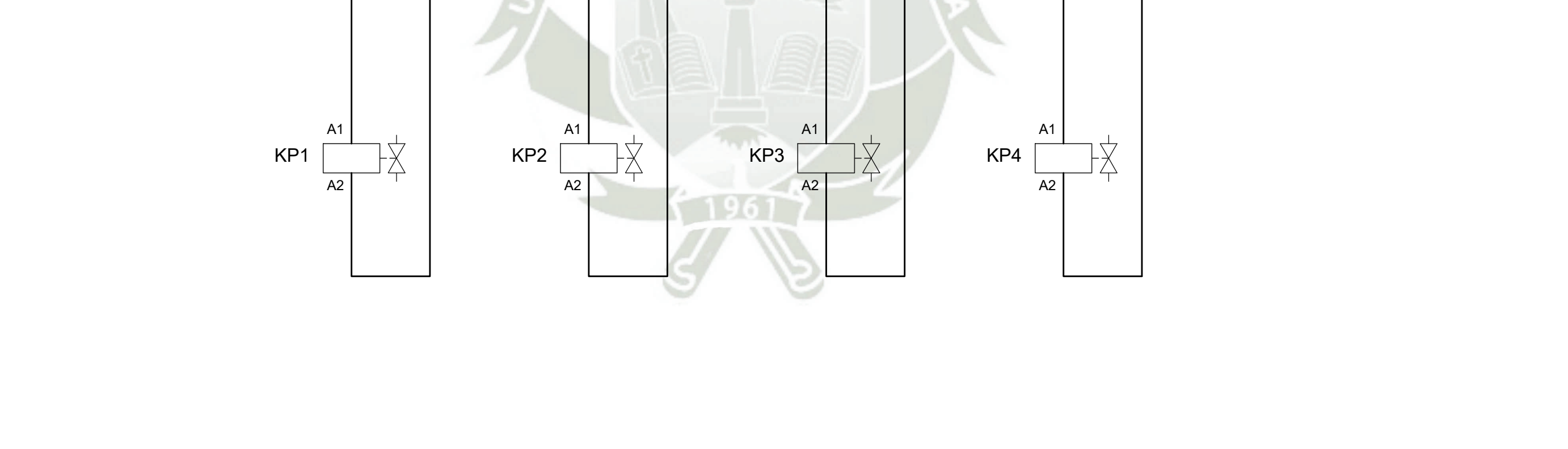


<p>A menos que se especifique otro las dimensiones son en milímetros</p> <p>Acabado superficial:</p> <p>Tolerancias:</p> <p>- Lineal: ± 0.054 (IT-9)</p> <p>- Angular:</p>				<p>Institución:</p> <p>Universidad Católica de Santa María</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica</p>		<p>Denominación:</p> <p>Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial</p>	
<p>Dibujado</p> <p>E. Vargas</p>				<p>Firmas</p>		<p>Fecha</p>	
<p>Revisado</p> <p>H. Zegarra</p>				<p>Observaciones:</p>		<p>Título del Proyecto:</p>	
<p>Aprobado</p> <p>H. Zegarra</p>				<p>MATERIAL:</p>		<p>Nombre de Dibujo:</p>	
<p>Peso:</p>				<p>Escala:</p>		<p>Hoja: 08</p>	

A3



<small>A menos que se especifique otro las dimensiones son en milímetros Acabado superficial: Tolerancias: - Lineal: +/-0.054 (11-9) - Angular:</small>				<small>Institución:</small> Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica				<small>Denominación:</small> Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
<small>Dibujado</small> E. Vargas		<small>Firmas</small>		<small>Fecha</small>		<small>Observaciones:</small> Notas: Algunos componentes se ocultaron intencionalmente para mostrar algunos detalles en los vistas auxiliares.		<small>Título del Proyecto:</small> Módulo Educativo de Control Neumático Secuencial	
<small>Revisado</small> H. Zegarra		<small>Firmas</small>		<small>Fecha</small>		<small>CODIGO:</small>		<small>Nombre de Dibujo:</small> Circuito de Control 4	
<small>Aprobado</small> H. Zegarra		<small>Firmas</small>		<small>Fecha</small>		<small>MATERIAL:</small>		<small>Peso:</small>	
								<small>Escala:</small>	
								<small>Hoja: 09</small>	

A3